



العبر والوهم

الصف الثالث الثانوي

الفرع الأدبي

تأليف

وحيد الصوف

عصام جيانو

ثرثيادركلي

مقررة التأليف والنشر والطبع محفوظة لوزارة التربية والتعليم

العبراني

الصف الثالث الثانوي

الفرع الأدبي

تأليف

وحيد الصوفلي

عصام جيانو

ثريا دركلي

الوحدة الاولى

العصر الذري

المقدمة

عصر الذرة :

لا شك اننا اليوم على ابواب عصر جديد هو العصر الذري ، الذي يعتمد على الطاقة الذرية ، تلك الطاقة الهائلة الفعالة التي اذا احسن استخدامها حوت الدنيا الى جنة ، واذا أسيء استخدامها حوت الدنيا الى جحيم .

ويقف الانسان اليوم في مفترق الطرق ليقدر مصيره ، فهو المسؤول الاول والاخير عن ذلك ، فعليه ان يختار طريق السعادة والرفاهية ، فيوجه جهوده لاستخدام الطاقة الذرية في تحقيق رفاهية بني جنسه ، او يختار طريق الفناء .

وكم هو جميل ان تتحول الصحاري القفراء الى بساتين خضراء ؟ وان نضع حبة صغيرة من الاورانيوم في منزلك فيسخن هواؤه طول الشتاء ويبرد طول الصيف ، أو أن نضع هذه الحبة في سيارتك فتسير لمدة سنة أو أكثر ؟

كم هو جميل أن يتخلص الانسان من كثير من الامراض الفتاكة التي تجر الآلام والأحزان .

ليس هذا حلاً ، بل سيصبح حقيقة في يوم قريب ، ولا يتطلب ذلك الا ان يتخلى الانسان عن اطاعه وجشعه ويسمى قليلا لخدمة غيره وتحقيق الرفاهية للآخرين ، فهذا هو طريق السعادة والهناء .

الفصل الأول

١ - لغة تاريخية :

اول من قال ان الاجسام تتألف من ذرات صغيرة هم فلاسفة اليونان مثل ديمقراط و ابيقور . وفريق من المعتزلة وعلماء الكلام عند العرب ، الا ان قولهم هذا كان قائماً على أساس من التأمل الفكري ، ولم يكن قائماً على أسس علمية ونتائج تجريبية ، فقد نخبذ الاقدمون انه لو قسمنا قطعة من المعدن الى قطعتين ، ثم قسمنا احدى القطعتين الى قسمين آخرين وتابعنا عملية التقسيم فلا بد ان نصل في النهاية الى دققة صغيرة جداً من المادة لا يمكن قسمها ، وسموا هذه الدققة غير القابلة للاقسام بالذرة « Atom » وحرف A باللغة اليونانية القديمة معناه « لا » وكلمة « tom » معناها ينقسم وعلى هذا فان كلمة « أتوم » معناها لا ينقسم .

وبالرغم من ذلك كان هناك بعض الفلاسفة اليونانيين لا يؤمنون بهذه النظرية ومنهم أرسطو الذي اهتم بدراسة تركيب المادة وكان مما قاله ان هناك أربعة عناصر فقط وهي التراب والهواء والماء والنار وهي أساس تركيب كل الاجسام الاخرى . ثم جاء فلاسفة العرب فأضافوا الى هذه العناصر الاربعة ، ثلاثة عناصر اخرى هي الكبريت والزرنيق والملح .

٢ - انقطاع المادة :

بقيت جميع الفرضيات والنظريات القديمة في تركيب المادة دون مؤيد تجريبي كما انها لم توضع بطريقة علمية قائمة على الملاحظة والتجربة ، على ان ظواهر فيزيائية عديدة اثبتت ان

المادة ذات بنية منقطعة وليست مستمرة متصلة ، والمثال التالي يبين لنا الفرق بين البنية المنقطعة والبنية المستمرة : لننظر الى قطعة من الحديد ، أو من أي مادة أخرى ، ان هذه القطعة تبدو لنا مستمرة متصلة لا يوجد فيها فواصل أو فراغات ولكن اذا أتينا بملبة فارغة واملأناها بكرات معدنية صغيرة (خرادق) لحصلنا من كتلة معدنية ذات بنية منقطعة تفصل بين عناصرها (الكريات) فراغات وفواصل .

ولست المادة في الطبيعة في الواقع مستمرة كما تبدو للعين ، واذ أن المشاهدات التالية تؤيد ذلك :

أ - اذا وضعنا نقطة حبر في كمية كبيرة من الماء الصافي ، نجد ان الماء بكامله قد تلون بلون الحبر ، وذلك يعني أن الحبر قد انتشر في جميع أنحاء الماء الصافي . ولا يمكن ان يحصل هذا الانتشار الا اذا انقسم الحبر وتوزع بشكل دقائق صغيرة تتداخل بين دقائق الماء بصورة متجانسة .

ب - اذا وضعنا قطرة من الزيت على سطح ماء هادئ ونظايف تماماً ، اشاهدنا ان القطرة انتشرت وغطت سطحاً كبيراً من الماء ، ويمكن ان يصبح سمك طبقة الزيت صغيراً جداً الا أنه لا يمكن ان يكون اصغر من حد أدنى وذلك عندما تصبح طبقة الزيت مؤلفة من صف واحد من الدقائق العنصرية التي يتألف منها الزيت . ولقد امكن بالفعل قياس سمك طبقة الزيت في حدها الأدنى بواسطة هذه الطريقة ، ومعرفة قطر الدقيقة العنصرية للزيت وقد اجري « دوفو » هذه التجربة بدقة كبيرة ووجد أن هذا القطر من رتبة ١١ أنفستروم .

٤ - ٧ -

(أنفستروم = ١٠ ميكرون = ١٠ ميليمتر) .

ج - اذا وضعنا غازين مختلفين في تماس مع بعضهما نجيد بعد مدة انها اختلطت وشكلا مزيجاً متجانساً ، ولا يتم هذا الامر طبعاً الا بتداخل دقائق الغازين فيما بينها وتشكيلها ذلك الخليط المتجانس ، وعلى هذا النحو يتم انتشار الروائح العطرية وأبخرة السوائل الطيارة في الهواء .

د - اذا وضعت اسطوانتان معدنيتان ارتفاع كل منهما بضعة سنتيمترات بعد صقل قاعدتيهما وتطبيق احدهما على الاخرى في فرن درجة حرارته اضعف من درجتي انصهار المعدنين يتبين بعد بضع ساعات ان الاسطوانتين قد اتحمتا ، وذلك بتداخل دقائقها المتجاورة فيما بينها وتماسكها .

هذه المشاهدات وكثير غيرها تثبت بما لا يقبل الجدل ان المادة منفطمة وليست مستمرة .

٣ - النظرية الذرية :

لقد استطاع العالم الكيميائي دالتون (١٧٦٦ - ١٨٤٤) بعد ان درس الاتحادات الكيميائية معتمداً على التجارب العلمية الخبيرة ان يتوصل الى وضع قانونه المعروف باسمه أو قانون النسب المضاعفة ، وقد أدت به دراسته لقانون النسب المئوية والنسب المضاعفة الى وضع النظرية الذرية فقال : ان العناصر المختلفة تتألف من ذرات لها وزن ثابت يختلف باختلاف العنصر وان ذرة العنصر يمكن ان تتحد مع ذرة اخرى او اكثر من عنصر آخر لتكون مركبات كيميائية .

واستطاعت هذه النظرية ان تفسر جميع قوانين الكيمياء الوزنية مثل قانون حفظ المادة وقانون النسب المئوية وقانون النسب المضاعفة والنسب المتبادلة .

٤ - الذرة والجزيء :

ان العلماء جميعاً في عهد دالتون كانوا يتكلمون عن الذرة سواء كانت لعنصر او لمركب فيقولون مثلاً ذرة الهيدروجين وهو عنصر ، وذرة الماء ، هو جسم مركب ، وكانوا بهذا يخطئون خطأ كبيراً لأن المقصود من الذرة هو الشيء الذي لا ينقسم ، مع العلم ان ذرة الماء يمكن تحليلها او تقسيمها الى هيدروجين وأوكسجين :

ولكن العالم الايطالي افو كاردو (١٧٧٦ - ١٨٥٦) استطاع ان يبين ان الاجسام المركبة تتألف من جزيئات وان الجزيئات تتألف من عدد محدودة من ذرات العناصر البسيطة ، وبذلك يكون أفو كاردو أول من بين الفرق بين ذرات العناصر وجزيئات الاجسام المركبة :

هذا ولم يعد هناك مجال للشك الآن بأن المادة ذات بنية منقطعة أي انها تتألف من ذرات او جزيئات منفصلة عن بعضها البعض ، وتتجاذب فيما بينها بقوى تختلف شدتها باختلاف حالة الجسم الصلبة او السائلة او الغازية ، وتسمى قوى التجاذب هذه بقوى التماسك اما المسافة بين الجزيئات فهي من رتبة 10^{-10} سم وهي مسافة صغيرة جداً لا يمكن رؤيتها حتى بأقوى المجاهر المعروفة ، ولهذا السبب تبدو المادة في العين المجردة مستمرة ومتصلة .

٥ - بنية الذرة :

تبين لنا ان الاجسام المركبة تتألف من جزيئات وان هذه الجزيئات تنشأ من اتحاد الذرات مع بعضها ، فجزء من الماء ينشأ من اتحاد ذرتين من الهيدروجين مع ذرة من الاوكسجين ، أما العناصر فتتألف من ذرات تتشابه فيما بينها من اجل العنصر الواحد ، ويتصف كل منها بجميع صفات العنصر الكيميائية . وتختلف ذرات العنصر الواحد عن ذرات العناصر الاخرى ، فذرات الحديد تختلف من حيث الوزن والحجم والخواص الكيميائية عن ذرات النحاس مثلاً ، وان كانت ذرات الحديد متشابهة فيما بينها ، وكذلك ذرات النحاس) وتوجد ذرات العنصر الواحد مع بعضها لتشكل جزيئات من نفس العنصر ، مثلاً توجد ذرتان من الهيدروجين لتشكلا جزيئاً من الهيدروجين ، وعلى هذا يمكن القول ان بعض الاجسام البسيطة او العناصر تتألف من جزيئات ناتجة من اتحاد ذرات متشابهة وان الاجسام المركبة تتألف من جزيئات ناتجة من اتحاد ذرات مختلفة .

ولكن هل الذرات هي دقائق من المادة لا يمكن ان تنقسم وهل هي عبارة عن كتل صغيرة من المادة المتجانسة ؟ اي هل يمكن تشبيه الذرة بكرة صغيرة جداً تمثلها بالمادة ولا يمكن تجزئتها ؟

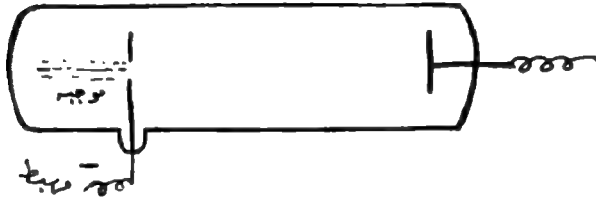
ان الواقع خلاف ذلك ! فالتجارب الحديثة تبين ان الذرة ذات بنية معقدة جداً .

الذرة تحوي شحنات كهربائية :

اثبتت بعض التجارب وجود الكهرباء في الذرة ، ومن هذه التجارب الانفراج

الكهربائي في الغازات : من المعلوم انه اذا اتينا بانبوب ، ينتهي بسلكين معدنيين ، يؤلفان قطبين ، وفيه غاز مخلخل ضغطه اقل من ٠.٠٠١ ميليمتر من الزئبق ، ووصلنا قطبي هذا الانبوب بشافوية وشيعة رومكورف فلاحظ اشعة تنطلق في الانبوب وهي الاشعة المهبطية (ترى بالعين لكن يستدل عليها من آثارها) ، التي تتألف من دقائق مشحونة بالكهرباء السالبة وقد سميت هذه الدقائق بالالكترونات (الكهارب) وتنطلق هذه الالكترونات من ذرات الغاز ومن ذرات المهبط في الانبوب ، اي تنطلق من المادة ، فالمادة اذن تحوي الكهرباء .

وقد لوحظ ايضاً انه اذا فتحنا ثقباً في المهبط في انبوب الاشعة المهبطية نمر منه اشعة تحمل كهرباء موجبة ، وقد سميت بالاشعة الموجبة ، وهي بالفعل ذرات الغاز التي فقدت شحنات سالبة فأصبحت شوارد مشحونة بالكهرباء الموجبة ، وهي تسير بمكس اتجاه سير الاشعة المهبطية .



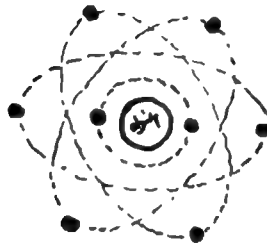
شكل (١)

نستنتج من ذلك ان المادة تحتوي على الكهرباء السالبة والموجبة بأن واحد ، وقد تبين بالاضافة الى ذلك ان الكهرباء السالبة سهلة الانفصال عن المادة على العكس من الكهرباء الموجبة التي تبين انها شديدة الاتصال بالمادة ولا يمكن فصلها عنها بسهولة .

الذرة تحوي دقائق مادية لامتناهية في الدقة :

لقد اثبتت دراسة النشاط الاشعاعي للعناصر المشعة مثل الراديوم ، كما يدنت النجارب الفيزيائية الحديثة ان الذرة ليست كتلة واحدة مصمتة من الماء ، بل تتألف من مجموعة من

الدقائق المادية الصغيرة جداً تتجمع في حيز صغير جداً وسط الذرة مشكلة نواة الذرة ، وتدور حول هذه النواة دقائق صغيرة مشحونة بالكهرباء السالبة هي الالكترونات. ويختلف عدد الدقائق المادية وكذلك عدد الالكترونات في الذرة من عنصر آخر . وباعتبار ان الذرة بمجموعها متعادلة الشحنة فذلك يعني ان فيها شحنات موجبة بقدر الشحنات السالبة وبالفعل فان بعض الدقائق المادية في النواة تكون مشحونة بالكهرباء الموجبة بحيث يكون المجموع الجبري للشحنات الموجبة والسالبة صفراً .



شكل - ٢ -

بنية النواة : البروتون - النوترون

تألف النواة في الذرة من نوعين رئيسيين من الدقائق المادية الالامتناهية في الصغر :

أ - البروتونات وهي عبارة عن دقائق مادية صغيرة كل منها مشحون بشحنة كهربائية موجبة تساوي شحنة الالكترون الواحد بالقيمة المطلقة وتخالفاً بالإشارة ، ويختلف عدد هذه البروتونات في النواة من ذرة لاخرى باختلاف العنصر .

ب - النوترونات : الى جانب البروتونات في النواة توجد دقائق مادية اخرى مشابهة لها تماماً من حيث الوزن والحجم ولكن تختلف عنها بكونها معتدلة كهربائياً ، وتسمى النوترونات . ويختلف عددها في النواة ايضاً باختلاف الذرة من عنصر لآخر .

تحوي نواة الهيدروجين الذي هو أبسط العناصر واخفها بروتوناً واحداً يحمل شحنة عنصرية موجبة لهذا يعتبر البروتون انه نواة الهيدروجين . وتحوي نواة ذرة غاز

الهيليوم ، بروتونين ونوترونين اي انها مشحونة بشحنتين عنصريتين موجبتين ووزنها اربعة امثال وزن نواة الهيدروجين . وتحوي نواة ذرة معدن الصوديوم كذلك ١١ بروتوناً و ١٢ نوترونًا ، فتكون شحنته هذه النواة مساوية الى + ١١ شحنة عنصرية موجبة ، ووزنها ٢٣ مرة (١١ + ١٢) من وزن نواة الهيدروجين . وتحوي نواة ذرة الاكسجين ٨ بروتونات و ٨ نوترونات فتكون بذلك شحنتها + ٨ ووزنها ١٦ مرة من وزن نواة الهيدروجين .

رقم الكتلة ورقم الشحنة :

يدعى عدد البروتونات والنوترونات في النواة برقم الكتلة . وعلى هذا يكون رقم كتلة الهيدروجين ١ ورقم كتلة الهيليوم ٤ ورقم كتلة الاكسجين ١٦ ورقم كتلة الصوديوم ٢٣ وهكذا ، اي . رقم الكتلة = عدد البروتونات + عدد النوترونات واذا اعتبرنا وزن البروتون والنوترون واحدة الاوزان اي اذا اعتبرنا وزن النوترون او البروتون مساوياً الواحد . يكون رقم الكتلة مساوياً للوزن الذري للعنصر ذلك لان الالكترونات في الذرة مهمة الوزن في الواقع ، فالبروتون او النوترون يزن ١٨٥٠ مرة من وزن الالكترون لذلك يجوز اهمال وزن الالكترونات في الذرة واعتبار وزن النواة مساوياً لوزن الذرة . ويمكن ان تكتب ان رقم الكتلة = الوزن الذري للعنصر عددياً .

ويدعى عدد الشحنتات العنصرية الموجبة في النواة برقم الشحنة ، ويساوي هذا الرقم طبعاً عدد البروتونات في النواة لانها هي التي تحمل الشحنتات العنصرية الموجبة ، فرقم الشحنة للهيدروجين + ١ ورقم الشحنة للاوكسجين + ٨ ورقم الشحنة للصوديوم + ١١ وللـهيليوم + ٢ .

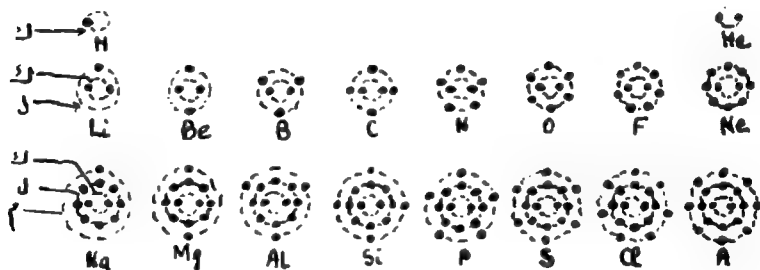
وباعتبار ان رقم الشحنة للعنصر يساوي عدد البروتونات في نواة ذرة من هذا العنصر فيمكننا حساب عدد النوترونات اذا علمنا رقم الكتلة لهذا العنصر ورقم شحنته .

توزع الالكترونات في الذرة :

ان مجموع عدد الالكترونات في الذرة يساوي عدد البروتونات (او رقم الشحنة)

ولهذا السبب تكون الذرة معتدلة بمجموعها من الناحية الكهربائية . وتدور هذه الالكترونات في الذرة حول النواة على مدارات اهليجية الشكل تتوزع على طبقات متباعدة عن بعضها البعض وتحيط جميعها بالنواة . ويوجد في كل طبقة من هذه الطبقات الالكترونية عدد من الالكترونات يختلف باختلاف الطبقة الواحدة وباختلاف العنصر ، وتسمى الطبقة الالكترونية الاولى الاقرب الى النواة ك ورقها ١ ولا تتسع هذه الطبقة بصورة عامة في جميع ذرات العناصر الالكترونين فقط . وتسمى الطبقة التي تليها ابتداء من النواة الطبقة ل ورقها ١ ، ولا تتسع بصورة عامة الا الى ثمانية الكترونات على الاكثر والطبقة الثالثة التي تليها هي الطبقة م ورقها ٣ ولا تتسع الا الى ٨ الكترونات ، وبصورة عامة : اذا كان رقم الطبقة الالكترونية في الذرة هو ن يكون الحد الاكبر لعدد الالكترونات التي تستوعبها هذه الطبقة هو ن^٢ . ولكن ليس من الضروري ان تحوي الطبقة الحد الاعظم الذي تستوعبه من الالكترونات ، بل ربما كان فيها عدد اقل من ن^٢ .

امثلة : ان ذرة الهيدروجين لا تحوي سوى الطبقة الاولى ك التي يوجد عليها الكترون واحد فقط بينما ذرة الهيليوم تحوي الطبقة الاولى ك ايضاً ويوجد عليها الكترونان ، اي ان هذه الطبقة مشبعة بالالكترونات في ذرة الهيليوم وغير مشبعة في ذرة الهيدروجين .



شكل (٣)

واذا نظرنا الى ذرة الليثيوم Li نجد طبقتين الاولى ك والثانية ل . ويوجد على الاولى الكترونان بينما يوجد على الثانية الكترون واحد ، اي ان الطبقة ل في الليثيوم ليست مكتملة التكوين ، وبمجموع عدد الالكترونات في الليثيوم ثلاثة .

ويزداد عدد الالكترونات في الذرة بمقدار الكترون واحد من عنصر الى الذي يليه في الوزن الذري من العناصر الطبيعية ، واذا انتقلنا مثلاً الى ذرة الصوديوم نجد فيها الطبقات الثلاثة الاولى ك، ل، م حيث يوجد على الطبقة ك الكترونان وعلى الطبقة ل ثمانية الكترونات وبذلك تكون هاتان الطبقتان مشبعتين ، ويوجد على الطبقة الاخيرة م الكترون واحد ، ويكون مجموع الالكترونات في ذرة الصوديوم ١١ الكترون . وهكذا كلما ازداد وزن الذرة ازداد عدد الطبقات الالكترونية فيها وكذلك عدد الالكترونات (وازداد عدد البروتونات في النواة ايضاً) .

تشبيه بالنظام الشمسي :

يمكن تشبيه بنية الذرة بتكوين المجموعة الشمسية التي تتألف من الشمس ومن الكواكب السيارة فالالكترونات تشبه الكواكب السيارة التي تدور على مسارات اهليلجية متباعدة عن بعضها البعض وتحيط جميعها بالشمس التي تشبه النواة في الذرة ، حيث تحتل الشمس المحرق المشترك لمسارات الكواكب كما تحتل النواة في الذرة محرق مسارات الالكترونات .

اضف الى ذلك ان المسافات بين الكواكب السيارة وبين الشمس كبيرة جداً اذا قيست بالنسبة لانصاف اقطار الكواكب السيارة نفسها ، والامر نفسه بالنسبة للذرة فالالكترونات تسير على مسافات بعيدة عن النواة اذا قيست بالنسبة لنصف قطر النواة نفسها او نصف قطر الالكترونات اذا اعتبرنا كلا منها بشكل كرية صغيرة جداً .

الطبقة الالكترونية السطحية :

اذا نظرنا الى الطبقة الالكترونية السطحية في ذرة اي عنصر من العناصر نجد ان هذه الطبقة تحوي ثمانية الكترونات على الاكثر مهما كان رقم هذه الطبقة ، فالطبقة السطحية

في ذرة الفحم مثلاً وهي الطبقة ل تحوي اربعة الكترونات فقط ، والطبقة السطحية في ذرة الصوديوم ، وهي الطبقة م تحوي الكترونا واحدا . والطبقة السطحية في ذرة الاورانيوم الحاوية على سبع طبقات الكترونية لا تضم سوى الكترونين . الخ . الى جانب ذلك نجد بعض العناصر تحوي ذراتها في طبقاتها السطحية (الاخيرة) ثمانية الكترونات ، وهي عناصر محدودة العدد مثل النيون والارغون . واذا فحصنا ذرات سائر العناصر الاخرى نجد ان الحد الاعلى لعدد الالكترونات في الطبقة السطحية هو ثمانية فقط ، فالطبقة السطحية اذن تشذ عن قاعدة (2n²) منها كان رقما ن .

حالة خاصة : وباعتبار ان الطبقة الاولى لا تتسع لكثر من الكترونين كحد اعلى لذلك اذا كانت هذه الطبقة هي الطبقة السطحية ، اي لا يوجد غيرها ، فتكون مشبعة وتامة التكوين اذا وجد فيها الكترونان لا ثمانية ، كما هي الحالة في الهيدروجين .

٦ - الالكترونات السطحية والخواص الكيميائية للعنصر :

هنالك صلة وثيقة بين عدد الالكترونات السطحية في ذرة العنصر وبين الخواص الكيميائية لهذا العنصر ، والملاحظات التالية توضح ذلك .

لننظر في توزيع الالكترونات في ذرات بعض العناصر المتشابهة في خواصها الكيميائية كعائلة المادن القلوية مثلاً : الليثيوم ، الصوديوم ، البوتاسيوم فنجد ان الطبقة السطحية في ذرة كل منها تحوي الكترونا واحداً فقط .

واذ نظرنا ايضاً في تكوين ذرات عناصر فئة الهالوجينات مثل الفلور والكلور والبروم واليود المتشابهة في خواصها الكيميائية نجد ايضاً أن الطبقة السطحية في ذرة كل منها تحوي سبعة الكترونات ولننظر ايضاً في الطبقة السطحية لذرة كل من الاوكسجين والكبريت والسيلينيوم المتشابهة في خواصها الكيميائية فنجد انها تضم الكترونين .

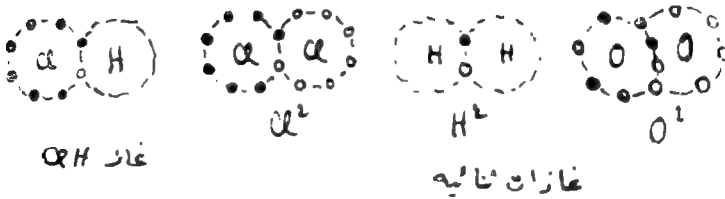
وبصورة عامة نجد ان ذرات العناصر المتشابهة في خواصها الكيميائية تحوي في طبقاتها السطحية نفس العدد من الالكترونات .

وبالاضافة الى ذلك نلاحظ ان ذرات العناصر الخاملة كيميائياً كالارغون والنيون

تحتوي في طبقاتها الخارجية (او السطحية ثمانية الكترونات ، فنستدل من ذلك ان الرقم ٨ اعداد الالكترونات السطحية يمثل حالة الاستقرار الكيميائي للعناصر .

الالفة الكيميائية والروابط :

تحدد الالكترونات السطحية ايضاً الالفة الكيميائية بين العناصر ، فالكور مثلاً شديد الالفة الكيميائية بالهيدروجين وذلك يعني ان هناك ميلاً شديداً لحصول اتحاد عن طريق تفاعل كيميائي بين هذين العنصرين ، واذا نظرنا الى ذرات هذين العنصرين نجد ان الهيدروجين يحوي الكتروناً واحداً والكور يحوي سبعة الكترونات سطحية ، ولا كان الرقم ٨ يمثل حالة الاستقرار الكيميائي بصورة عامة ، لذا تتشارك ذرتا الكور والهيدروجين في الكتروناتها السطحية ولضمان زوجا من الالكترونات في الشراكة بينهما احدهما من ذرة الهيدروجين والآخر من ذرة الكور ، بذلك تصبح الطبقة السطحية في ذرة الهيدروجين مشبعة بالكترونين والطبقة السطحية في ذرة الكور مشبعة بثمانية الكترونات وبهذا الشكل يتكون غاز كور الهيدروجين .



شكل (٤)

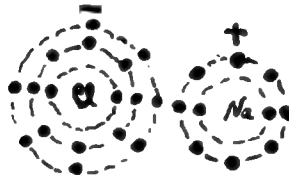
والروابط الكيميائية بين الذرات التي من هذا النوع تسمى الروابط المشتركة أو المتساندة ، وهي تفسر لنا ارتباط ذرتين من نفس العنصر لتشكيل جزيء منه مثل O_2 ، H_2 ، Cl_2 ... ففي جزيء الكور لضع كل ذرة الكتروناً من الكتروناتها

السطحية في الشراكة مع الذرة الاخرى ويصبح بذلك عدد الالكترونات السطحية في كل ذرة ثمانية .

أما في جزيء الاوكسجين الذي يتألف من اتحاد ذرتين ، فتقدم كل ذرة الكترونين سطحيين مشتركين .

هناك نوع آخر من الروابط الكيميائية تتحول فيه الذرات الداخلة في التفاعل الى شوارد .

مثال : ان ذرة الصوديوم تحوي في طبقتها السطحية ١ الكترون واحدًا لذلك تتخلى عن هذا الالكترون السطحي بسهولة وتصبح طبقتها السطحية هي الطبقة ل وفيها ثمانية الكترونات وبذلك يتحول الصوديوم الى شاردة (أي ذرة مشحونة بالكهرباء) مستقرة ذات شحنة موجبة ، فاذا اتحد الصوديوم مع الكلور تأخذ ذرة الكلور الالكترون من ذرة الصوديوم وتضمه الي طبقتها السطحية الحاوية على سبعة الكترونات فيصبح عددها ثمانية وتحول بذلك الى شاردة سالبة مستقرة ، ويتم الارتباط بين شاردة الصوديوم وشاردة الكلور بواسطة التجاذب الكهربائي بسبب اختلاف شحنتيهما الكهربائيتين ، وعلى هذا الشكل تتكون بلورات كلور الصوديوم التي تتألف من شوارد الصوديوم وشوارد الكلور المتجاذبة فيما بينها :



مع Na

شكل (٥)

والروابط الكيميائية من هذا النوع تسمى الروابط الايونية او التشردية .

القيمة الاتحادية :

نلاحظ ايضاً ان عدد الالكترونات التي تجلبها ذرة عنصر ما الى طبقتها السطحية او تتخلى عنها الى ذرة عنصر آخر كي يصبح عدد الالكترونات السطحية ثمانية في الروابط الايونية ، وكذلك عدد ازواج الالكترونات المشتركة بين الذرات في الروابط المشتركة أو المتساندة يساوي القيمة الاتحادية للعنصر الداخلة في الاتحاد. فالقيمة الاتحادية للهيدروجين ١ وكذلك للكلور والصوديوم ، والقيمة الاتحادية للاوكسجين ٢ .. وهكذا .

٧ - النظائر :

ان معظم العناصر التي ندعوها بسيطة مثل غاز الكلور وغاز الهيدروجين وغاز الاوكسجين ومعدن الاورانيوم وغيرها ، كل منها في الواقع مزيج من عنصرين او عدة عناصر متماثلة في خواصها الكيميائية تماماً ولا تختلف عن بعضها الا في اوزانها الذرية ، فغاز الكلور مثلاً هو مزيج من غازين لهما نفس الخواص الكيميائية ، الا ان الوزن الذري الاول هو ٣٥ والوزن الذري لثاني ٣٧ ويسمى الاول النظير ٣٥ للكلور ، والثاني النظير ٣٧ ، وبشكل مزيجها غاز الكلور الطبيعي ذا الوزن الذري ٣٥.٥ [وليس ٣٦ لان نسبة النظير ٣٥ في المزيج اكبر من نسبة النظير ٣٧] .

وغاز الهيدروجين هو مزيج من ثلاثة نظائر الاول هو الهيدروجين الخفيف ذو الوزن الذري ١ والثاني هو الهيدروجين الثقيل الذي وزنه الذري ٢ ويسمى الدوتيريوم ويرمز له بالحرف D والثالث هو الهيدروجين الاثقل ووزنه ٣ ويسمى تريتيوم ، ويؤلف الهيدروجين الخفيف القسم الاعظم من الهيدروجين الطبيعي (الذي وزنه الذري ١.٠٠٨) . ويوجد كذلك للاوكسجين ثلاثة نظائر ، النظير ١٦ وهو الاوكسجين العادي الذي وزنه الذري ١٦ ، والنظير ١٧ ، والنظير ١٨ ، وكذلك الامر بالنسبة لأكثر العناصر الكيميائية فكل عنصر منها له نظيران او اكثر .

ولم تكتشف هذه النظائر الا مؤخراً وسبب ذلك هو تماثل الخواص الكيميائية لنظائر العنصر الواحد ، لذا كان من الصعب فصل هذه النظائر عن بعضها البعض بالطرق الكيميائية العادية ، ويعول اليوم في فصلها عن بعضها على الاغلب على الطرق الفيزيائية ، مثل الانصهار

المجزأ أو التقطير المجزأ أو باستخدام حقل مغناطيسي أو كهربائي ... الخ لان هناك بعض التباين في الخواص الفيزيائية للنظائر .

بنية النظائر :

ان ذرات نظائر المنصر الواحد تحوي نفس العدد من الالكترونات ، لهذا السبب تتماثل النظائر بالخواص الكيميائية ، فذرة كل من الهيدروجين الخفيف والثقيل والاثقل تحوي الكترونأ واحداً ، بينما نجد هذه الذرات تختلف عن بعضها البعض من حيث عدد النوترونات الموجودة في كل منها ، فنواة الهيدروجين الخفيف لا يوجد فيها نوترونات. ونواة الهيدروجين ^D فيها نوترون (الى جانب البروتون) ونواة الهيدروجين ³ فيها نوترونان ، اما عدد البروتونات في النواة فهو يساوي دائماً ، كما وجدنا عدد الالكترونات في الذرة ، لذلك لا يختلف هذا العدد من نظير لآخر من نظائر العنصر الواحد ، ومن هذا نجد في نواة كل من نظائر الهيدروجين الثلاثة بروتونأ واحداً .

ونجد في نواة الاوكسجين ¹⁶ ثمانية بروتونات [وهذا يساوي عدد الالكترونات في ذرة الاوكسجين] وثمانية نوترونات ، بينما نجد في نواة النظير ¹⁷ للاوكسجين ثمانية بروتونات ايضاً وتسعة نوترونات ، اما نواة النظير ¹⁸ فتضم ثمانية بروتونات مع عشرة نوترونات .

ونجد كذلك في نواة نظير الكلور ³⁵ سبعة عشر بروتونأ [وهذا العدد يساوي عدد الالكترونات في ذرة الكلور] وثمانية عشر نوترونأ ، بينما نواة نظير الكلور ³⁷ تحوي سبعة عشر بروتونأ ايضاً و ٢٠ نوترونأ .

والخلاصة : ان ذرات نظائر المنصر الواحد تختلف فيما بينها فقط بعدد النوترونات الموجودة في نوامها وبالتالي تختلف بأوزانها الذرية ، اما عدد البروتونات في النواة المساوي لعدد الالكترونات في الذرة فهو واحد لا يتغير من نظير لآخر من نظائر العنصر الواحد.

الفصل الثاني

النشاط الاشعاعي

٨ - اكتشاف النشاط الاشعاعي

اراد العالم هنري بيكريل سنة ١٨٩٦ ان يدرس الاشعاعات التي تصدر عن بعض العناصر التي تتوهج اذا تعرضت لاشعة الشمس ، وان يكشف عن طبيعة هذه الاشعاعات ويرى هل تشبه الاشعة السينية التي اكتشفها رونتجن قبل بضع سنوات . لهذا اخذ لوحة تصوير حساسة وغلفها بورقة سوداء عاتمة ، ثم وضع صليبا معدنيا على هذه اللوحة المظلمة وثر ملحاً من املاح معدن الاورانيوم على الصليب وعلى باقي الورقة السوداء ، وعرض هذه المجموعة لاشعة الشمس ، وبعد فترة من الزمن حمض لوحة التصوير فظهرت عليها صورة الصليب ، وتوصل بنتيجة ذلك الى ان ملح الاورانيوم اذا توهج بتأثير اشعة الشمس بث اشعاعات تستطيع ان تحترق الورقة العاتمة السوداء ولكنها لا تستطيع ان تحترق معدن الصليب الذي ظهر ظله على الورقة الحساسة .

ثم اراد بيكريل في يوم آخر ان يعيد نفس التجربة ، غير ان السحب كانت تحجب الشمس خلال النهار ، فلم يستطع تعريض الملح لاشعتها ، ولكنه وضع مجموعته في احد ادراج مكتبه بعد ان وضع ملح الاورانيوم عن طريق الصدفة فوق الصليب وفوق بقية الورقة السوداء التي تغلف لوحة التصوير . وبعد بضعة اسابيع وجد بيكريل مجموعته بعد ان نسيها في الدرج ، فخطر له ان يحمض اللوحة لينتبه انه اذا اعاد التجربة بدون تعريض الملح

لاشعة الشمس فان صورة الصليب لا تظهر ، ولكنه لشد ما كانت دهشته عظيمة عندما وجد صورة الصليب واضحة على لوحة التصوير .

استنتج بيكريل من هذه الملاحظة ان ملح الاورانيوم يصدر اشعة بصورة مستمرة سواء أعرض لاشعة الشمس ام لم يعرض ، اي ان اشعة الشمس لا علاقة لها باصدار الاشعة .

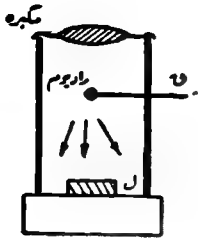
هذا وقد تابعت مدام كوري مع زوجها الدراسات التي بدأها بيكريل وتبين لها ان هناك مواد اخرى تصدر اشعاعات من تلقاء نفسها مثل املاح الاورانيوم ، ومن هذه المواد املاح التوربيوم ، وقد تبين لها ايضاً ان الفلز الذي يستخرج منه الاورانيوم والمسمى (بيك بلاند) يصدر اشعاعات أشد من الاشعاعات التي يصدرها عنصر الاورانيوم النقي نفسه ، وقد اتضح فيما بعد ان فلز الاورانيوم الخام هذا يحوي عناصر مشعة اخرى غير الاورانيوم ، وقد وجدت مدام كوري وزوجها بعد تجربات كبيرة وشاقة ان فلز الاورانيوم (بيك لاند) يحوي عنصراً أقوى شدة اشعاعه بمقدار ٢٥٥ مليون مرة شدة اشعاع الاورانيوم النقي ، وسما هذا العنصر الراديوم (المشع) ، ولهذا العنصر الى جانب خاصية الاشعاع الشديد خواص اخرى اذهلت العلماء حينذاك فقد توجهت مواد كثيرة عندما قربت منه ، كما كانت له قوة كبيرة على قتل البكتريا والميكروبات .

وتوالى بعد ذلك التجربات العلمية في هذا الصدد وازدادت قائمة العناصر المشعة المكتشفة كما توضحت طبيعة الاشعاعات الصادرة عنها .

٩ - خواص اشعاعات العناصر المشعة الطبيعية :

تنصف الاشعاعات الصادرة عن العناصر المشعة الطبيعية مثل الاورانيوم والراديوم والتوربيوم والبولونيوم وغيرها بصفات فيزيائية وكيميائية متشابهة نذكر منها :

أ - التآلق : اذ جعلنا الاشعة الصادرة عن مادة مشعة تسقط على حاجز قابل للتألق مطلي بكبريت التوتياء مثلاً على ان تكون المسافة بين المادة المشعة والحاجز صغيرة ، نرى بواسطة مكبرة تألقات بشكل ومضات متتابعة تحصل على الحاجز في مكان اصطدام الاشعاعات فيه ، وتستخدم خاصة التآلق هذه للكشف عن الاشعاعات .

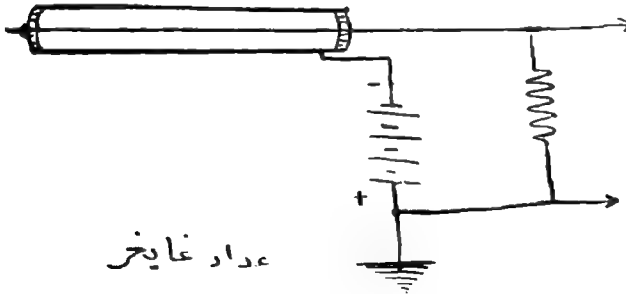


شكل (٦)

ب « التصوير : تؤثر الاشعاعات الصادرة عن المواد المشعة على لوحات التصوير ، وتستخدم عادة في دراسة هذه الاشعاعات لوحات تصوير مصنوعة خصيصاً لهذه الغاية ، وتمتاز هذه اللوحات بان حبيبات برومور الفضة فيها دقيقة للغاية ، فاذا اخترقت الاشعاعات مثل هذه اللوحات تركت آثاراً بشكل خطوط منقطة سوداء تبدو بالمجهر بوضوح ، وقد قدمت دراسة هذه الخطوط معلومات كثيرة عن طبيعة الاشعاعات وخواصها .

ج - التأين : تستطيع هذه الاشعاعات ، اذا مرت في غاز ما ، ان تشطر بعض ذراته الى ايونات او شوارد موجبة واخرى سالبة (وتسمى هذه الحادثة تأين الغازات بواسطة الاشعاعات) ، ويستفاد من هذه الخاصية للكشف عن الاشعاعات من جهة ولقياس شدتها من جهة اخرى على الطريقة التالية :

يوضع غاز مخجلخل في اسطوانة معدنية يمر من محورها سلك مشدود ، وتطلق هذه الاسطوانة من جانبيها بعازل حتى لا يلامس السلك جدار الاسطوانة ، ويوصل هذا السلك الى القطب الموجب لتابعة كهربائية مناسبة ، ويوصل جدار الاسطوانة بالقطب الآخر ، فينشأ بذلك فرق في الكون الكهربائي بين السلك والاسطوانة (مكثفة كهربائية) .

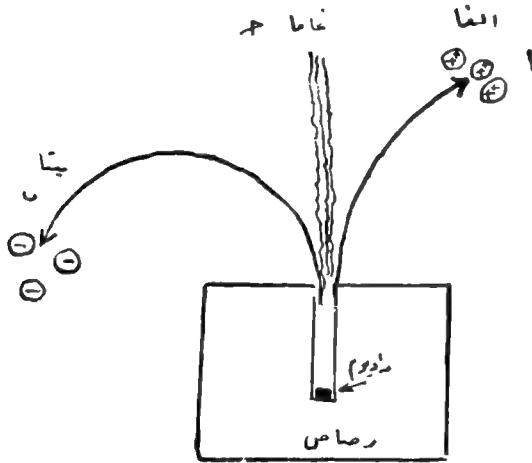


شكل - ٧ -

فاذا سلطنا الاشعاعات على هذه الاسطوانة فانها تحرق جدارها وتصلطدم بذرات الغاز

فيها وتؤينه . اما الشوارد المتشكلة او الايونات فتتحرك تحت تأثير فرق السكون الكهربائي باتجاهين متعاكسين . الشوارد السالبة تتوجه نحو السلك والشوارد الموجبة تتوجه نحو جدار الاسطوانة ويمر حينئذ تيار كهربائي يكشف عن الاشعاعات الداخلة الى الاسطوانة ، وتم هذه الامور بسرعة كبيرة . واذا كان ورود الاشعة يحصل بشكل متقطع فان التيار الكهربائي المار في الدارة يكون بشكل نبضات كهربائية ، ويصلح الجهاز حينئذ لان يكون عداداً للاشعة وهذا هو المبدأ عداد غايغر .

د - طبيعة هذه الاشعاعات : لنأت بكمية صغيرة من املاح الراديوم (حوالي ميلليغرام) ولنضعها في حفرة عميقة محفورة ضمن كتلة كبيرة من الرصاص فتطلق من هذه الحفرة حينئذ حزمة متوازية من الاشعة يمكن كشفها بوضع لوح قابل للتألق امامها . اذا اخضعنا هذه الحزمة من الاشعة الى ساحة مغناطيسية شديدة بصورة يكون معها اتجاه الساحة عمودياً على سير الحزمة اشاهدناها تنفصل الى ثلاث حزم :



شكل (أ)

- ١ - الحزمة الاولى تنحرف قليلاً عن اتجاه سير الحزمة الاصلية .
- ٢ - الحزمة الثانية تنحرف بشدة الى الجهة المعاكسة لجهة انحراف الاولى .

٣ — الحزمة الثالثة لا تتأثر بالساحة المغناطيسية بل تبقى سائرة في نفس الاتجاه الاصيلي للاشعة وقد تبين من معرفة الجهة التي تنحرف اليها الحزمة الاولى والثانية بالنسبة لاجزاء الساحة المغناطيسية ان الحزمة الاولى ذات الانحراف الضعيف تحمل شحنات كهربائية موجبة بينما الحزمة الثانية تحمل شحنات كهربائية سالبة (لذلك تنحرف الى الجهة المعاكسة للاولى) اما الحزمة الثالثة فلا تحمل اية شحنة كهربائية لذلك لم تتأثر بالساحة المغناطيسية. هكذا نستنتج ان الاشعاعات الصادرة عن العناصر المشعة ليست اشعاعات بسيطة وانما هي اشعاعات مركبة تتألف من ثلاثة انواع من الاشعاعات : اشعة موجبة تحمل شحنات كهربائية موجبة وقد سميت بأشعة ألفا (أ) ، وأشعة سالبة تحمل شحنات كهربائية سالبة وسميت اشعة بيتا (ب) ، واشعة لا تحمل اية شحنة وسميت أشعة غاما (ح) .

أشعة ألفا (أ) : لقد بينت الدراسات العديدة ان اشعة ألفا تتألف من نوى ذرات غاز الهيليوم ، وهذه النوى تسمى عادة دقائق ألفا ، وكل دقيقة منها تحمل شحنتين عنصريتين موجبتين أي تحمل شحنة مساوي ضعف شحنة الالكترون بقيمة المطلقة وتخالفا بالاشارة وتتألف كل دقيقة من دقائق ألفا في الواقع من بروتونين يحملان الشحنتين الكهربائيتين ومن نوترونين متبدلين وهذا هو تركيب نواة ذرة الهيليوم ، هذا وان دقائق ألفا هي التي تسبب تشرد الغازات بشدة ، فعندما تصطدم بذرة ما فانها تقتلع منها بعض الالكترونات وتحولها الى شاردة واحياناً تخترق الذرة وتصل الى النواة وتصدمها وتحطمها وتغير تركيبها وأول من استخدم هذه الخاصية من خواص اشعة ألفا هو العالم رذرفورد .

أشعة بيتا (ب) : ليست اشعة بيتا في الواقع الا حزمة من الالكترونات ذات الشحنات السالبة وهي اقل قدرة على التشرذم من اشعة ألفا لان الالكترونات اخف وزناً من دقائق ألفا ، ولكنها أشد نفوذاً في المادة من أشعة ألفا ، فستطيع أشعة بيتا في بعض الحالات ان تنفذ من صفيحة معدنية سمكها ١ مم .

ويجب ان نلاحظ انه كلما كانت قدرة الاشعة على تشريد المادة كبيرة كلما كانت الاشعة قليلة النفوذ وسبب ذلك انها تصطدم بذرات المادة وتشردها وتباطأ سرعتها من جراء ذلك وتقف ضمن المادة ، بينما الاشعة النفوذة لا تصطدم كثيراً بذرات المادة التي تخترقها فتكون قدرتها على التشريد ضعيفة .

أشعة غاما (γ) : ان طبيعة اشعة غاما تشبه طبيعة الاشعة السينية والاشعة الضوئية العادية فهي من طبيعة كهربائية مغناطيسية أو كهربيسية ولا تحمل اية شحنة كهربائية .

١٠ الفائدة من دراسة هذه الاشعاعات :

ان دراسة النشاط الاشعاعي وطبيعة الاشعاعات المنبعثة من المواد المشعة الطبيعية وخواصها كشفت اسرار المادة او الكثير منها ، والقت النور على تركيب الذرة وبيئت ان الذرة بناء مقعد يحوي الالكترونات والبروتونات كما وجدنا .
وقد فتحت هذه الدراسة آفاقا جديدة في العلم ووجهت الانظار الى امكانية تحطيم الذرة التي كانت تعتبر غير قابلة للانقسام . ولا نكون اخطأنا اذا قلنا ان دراسة النشاط الاشعاعي هي قاعدة عصر الذرة الحديث .

الفصل الثالث

نحول المادة

١١ - التحول الطبيعي :

رأينا ان العناصر المشعة مثل الراديوم والاورانيوم والبولونيوم تصدر اشعاعات فيها الكترونات ودقائق الفا التي هي نوى ذرات الهيليوم حيث تتألف كل دقيقة منها من بروتونين ونيوترونين . ان هذه الدقائق على اختلافها لا شك تصدر عن ذرات الجسم المشع ، ولكن ما الذي يحصل لهذه الذرات بعد ان تقذف هذه الدقائق ؟ ان عدد النوترونات والبروتونات ينقص في نواة الذرة المشعة ، وينقص كذلك عدد الالكترونات . ومن المعلوم ان العناصر الكيميائية لا تختلف عن بعضها الا بعدد النوترونات والبروتونات التي تكون نوى ذراتها وكذلك تختلف بعدد الالكترونات الموجودة حول النواة وهذا العدد يساوي كما رأينا عدد البروتونات في نواة نفس الذرة . فيمكنني اذن ان يتغير عدد البروتونات والنوترونات في النواة حتى يتحول العنصر الى عنصر آخر . وبالفعل هذا ما يحصل للعناصر المشعة ، اذ تتحول بعد الاشعاع الى عناصر اخرى ، فالراديوم المشع مثلاً يتحول بعد الاشعاع الى عنصر الرادون وذلك بعد ان يطلق الراديوم اشعة الفا وبيتا وغاما . اما البولونيوم المشع فانه يتحول الى الرصاص . ويصـدق ان يتحول العنصر المشع احياناً الى عنصر مشع آخر الذي لا يلبث بدوره ان يتحول الى عنصر آخر . وينتهي الامر بظهور عنصر مستقر لا اشعاع له .

التفاعلات النووية الطبيعية :

ان هذه التبدلات والتحولات التي تطرأ على العناصر المشعة من جراء الاشعاع تنتاب النواة لذلك تسمى بالتفاعلات النووية ، ولأجل تمثيل هذه التفاعلات او التبدلات بشكل رموز ومعادلات يرمز الى العنصر عادة بنفس رمزه الكيميائي ويكتب الى جانبه رقمان : الاول الى الاسفل وهو رقم الشحنة اي عدد الشحنات الموجبة في النواة وهذا يساوي عدد البروتونات كما رأينا ، والثاني يكتب الى الاعلى وهو رقم الكتلة ويساوي مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة ، وعلى هذا يرمز الى ذرة الراديوم بالرمز ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ وهذا يعني ان نواة ذرة الراديوم تحوي ٨٨ بروتوناً و ٢٢٦ بروتوناً ونيوترونات ، فيكون عدد النيوترونات مساوياً الى ٢٢٦ - ٨٨ = ١٣٨ نيوترونات .

ويرمز الى ذرة البولونيوم المشع بالرمز ${}^{210}_{84}\text{Po}$ وهذا يعني ان ذرة البولونيوم تحوي ٨٤ بروتوناً و ٢١٠ نيوترونات ، ويرمز أيضاً الى نواة ذرة الهيليوم (دقيقة الفا) بالرمز ${}^4_2\text{He}$ وهكذا .

وعندما تطلق الذرة المشعة دقيقة الفا التي رقم كتلتها ٤ ورقم شحنتها ٢ فان رقم كتلة الذرة المشعة ينقص بمقدار ٤ (بروتونان ونيوترونان) ورقم الشحنة ينقص بمقدار ٢ (شحنتان موجبتان) ويتحول بذلك العنصر المشع الى عنصر آخر .

امثلة : يطلق الراديوم ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ دقيقة الفا ${}^4_2\text{He}$ ويتحول بذلك الى عنصر رقم كتلته ٢٢٢ ورقم شحنته ٨٦ وهذا العنصر هو الرادون Rn ويكتب هذا التفاعل النووي على الشكل التالي :



ويتحول البولونيوم المشع كذلك الى عنصر آخر هو الرصاص بعد ان يطلق اشعة الفا وفقاً للتفاعل النووي التالي :



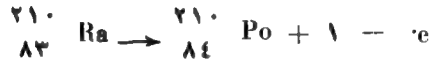
ان هذا النموذج من التفاعلات النووية يسمى نموذج الفالانغ يمثل آلية انطلاق اشعة الفا من العناصر المشعة .

نموذج آخر من التفاعلات النووية الطبيعية :

يتحول النوترون المتعادل الشحنة الى البروتون ذي شحنة موجبة بعد ان يحرر الكترونا سالباً ، ويحصل مثل هذا الامر في النواة المشعة .

ان هذا التفاعل النووي لا يؤثر على رقم الكتلة لان مجموع عدد النوترونات والبروتونات الكلي يبقى ثابتاً ، الا انه يزيد رقم الشحنة بمقدار ١ حيث تتولد في النواة شحنة موجبة جديدة ، وهذا كاف لان ينير العنصر الى آخر ، ولكتابة هذا التفاعل النووي بشكل معادلة يرمز الى الالكترون بالرمز e^- - ١ اي رقم الكتلة صفر ورقم الشحنة - ١ لان الالكترون مهمل وسالب الشحنة .

مثال : ان نظير الراديوم ${}_{84}^{210}\text{Ra}$ ينتابه مثل هذا التفاعل ، ويتحول الى البولونيوم المشع الذي يتحول بدوره الى الرصاص ، وتكتب معادلة التحول الاول على الشكل :



ملاحظة : ان الراديوم ${}_{84}^{210}\text{Ra}$ هو في الواقع نظير الزموت ويسمى الراديوم E .

ان هذا النموذج من التفاعلات النووية يؤدي الى اصدار اشعة بيتا (الكترونات سريعة) لذلك يطلق عليه اسم النموذج بيتا .

يتم هذان النموذجان من التفاعلات النووية بصورة تلقائية في العناصر المشعة الطبيعية التي تتحول الى عناصر اخرى من تلقاء نفسها ، لذلك يطلق عليها اسم التحولات الطبيعية . ومن المهم ان نعلم ان التفاعلات النووية السابقة يرافقها انتشار كمية كبيرة من الطاقة وهذه الطاقة تظهر بشكل امواج كهرومغناطيسية تؤلف اشعة غاما التي تكلمنا عنها .

نصف عمر المادة المشعة :

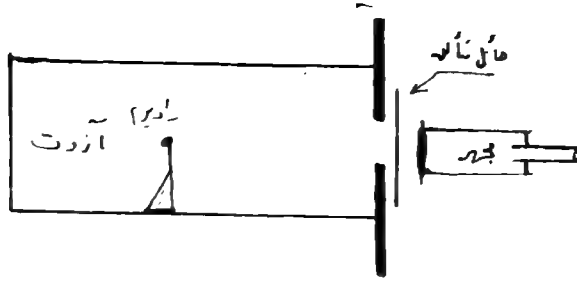
ان سرعة تحول المنصر المشع الى عنصر آخر غير مشع تختلف باختلاف المنصر ، ويسمى بصورة عامة نصف عمر المنصر المشع الزمن الذي تتناقص فيه شدة الاشعاع الى النصف ، ويتم فيه تحول نصف كتلة العنصر الى عنصر آخر من جراء التفاعلات النووية فمتدما نقول مثلا ان نصف عمر البولونيوم هو ١٤٠ يوماً فذلك يعني انه اذا كانت هناك كتلة من مادة مشعة تحوي ك غراماً من البولونيوم ، فان هذه الكتلة لن تحوي بعد ١٤ يوماً سوى $\frac{1}{2}$ غراماً من البولونيوم أو $\frac{1}{4}$ غراماً منه بعد ٢٨٠ يوماً . . ويمكن القول بصورة اخرى انه اذا كان لدينا كمية معينة من البولونيوم المشع فقط فان شدة الاشعاع الصادر عنها ستتهبط الى النصف بعد مضي ١٤٠ يوماً عليها .

يلغ نصف عمر الراديوم ١٦٠٠ سنة وبلغ نصف عمر الرادون المشع ٤ ايام فقط ، وهناك بعد العناصر المشعة يقدر نصف عمرها بملايين السنين ، كما ان هناك عناصر مشعة لا يتجاوز نصف عمرها بضعة اجزاء من مليون من الثانية .

١٢ - التحول الصناعي للمادة : تجربة رذرفورد :

في عام ١٩١٩ كان العالم النيوزيلاندي رذرفورد منكباً على دراسة خواص اشعة الفا وتأثيرها في مختلف الاجسام ، وقد اجري في ذلك العام تجربة تعتبر الاولى من نوعها استطاع بواسطتها ان يحول عنصر غير مشع الى عنصر آخر بطريقة صناعية ، وكانت هذه التجربة فائحة عهد جديد ، اذ تحقق بواسطتها حلم اجدادنا القدماء الذين كانوا يحملون بتحويل بعض المعادن الرخيصة كالنحاس الى معادن ثمينة ، وجهدوا لذلك ، الا انهم لم يفلحوا وانما انجذبوا باعمالهم ووجهة اخرى فيما بعد ادت الى نشوء علم الكيمياء .

ملاً رذرفورد اسطوانة زجاجية بغاز الآزوت ووضع داخلها كمية صغيرة من ملح الراديوم على حامل متحرك . وثبت في نهاية الاسطوانة صفيحة معدنية رقيقة ووضع خلفها من الخارج حائلاً قابلاً للتألق وأخذ ينظر اليه من خلال المجهر :



تجربة رذرفورد

شكل (٩)

وقد ضبط رذرفورد المسافة بين الراديوم والصفحة المعدنية بحيث لا تستطيع دقائق الفا المنبثقة من الراديوم الوصول الى الصفحة ، ولكن عندما نظر الى الحائل القابل للتألق بواسطة المجهر رآه يتألق ويتوهج ، فاستنتج من ذلك ان هناك دقائق اخرى كانت تصل الى الحائل وتسبب توهجه ، وقد اعاد رذرفورد هذه التجربة عدة مرات وفي ظروف مختلفة ليتأكد من دقة عمله . وأيقن بعد ذلك ان هذه الدقائق هي بروتونات ، ولكن من أين أتت هذه البروتونات ؟ .

لقد تبين لرذرفورد ان دقائق الفا كانت تخترق ذرات الآزوت وتصل الى نواها وتصدها وتسبب بذلك انطلاق البروتونات ، ومن الطبيعي ان يتحول الآزوت بهذه العملية الى عنصر آخر وبالفعل لقد تحول الآزوت في تجربة رذرفورد الى الاوكسجين . ومنذ ذلك الوقت بدأ رذرفورد كما بدأ غيره من العلماء محاولة تحويل ذرات عناصر اخرى غير الآزوت ، ولم يكتفوا بالعناصر الغازية بل حاولوا تحويل ذرات بعض المعادن كالالمنيوم .

نتائج تجربة رذرفورد : لقد نتج عن هذه التجربة امران هامين :

الامر الاول : ان رذرفورد نجح في تحويل عنصر الى آخر بطريقة صناعية مقلداً في ذلك التحولات الطبيعية التي تطرأ على العناصر المشعة .

الامر الثاني : هو انه صار بالامكان الحصول على بروتونات من ذرات الآزوت او من ذرات عناصر اخرى ، حيث تنطلق هذه البروتونات بسرعة هائلة تدل على ان ما بها من طاقة اكبر من التي تملكها دقائق الفا المنبعثة من الراديوم والتي تسبب انطلاقها . وهذا يعني ان البروتونات استمدت طاقتها من النواة ، فالنواة اذاً مخزن كبير للطاقة .

تفسير تجربة رذرفورد : عندما تلتقط نواة ذرة الآزوت ${}^{14}_7\text{N}$ دقيقة الفا ${}^4_2\text{He}$

تطلق عوضاً عنها بروتوناً ${}^1_1\text{p}$ وينتج نظير الاوكسجين ${}^{17}_8\text{O}$ وفقاً للتفاعل النووي الصناعي التالي :



ولقد تبين فيما بعد ان هذه الظاهرة عامة جداً وانه يمكن تحويل جميع العناصر اما الى نظائرها واما الى عناصر اخرى ، وقد امكن الحصول على نظائر معدنية للاورانيوم غير موجودة في الطبيعة بهذه الطريقة .

وتكون العناصر الجديدة الناتجة عن التحول الصناعي عناصر مشعة غير ثابتة احياناً فتتابع تحولها بصورة تلقائية وينتهي التحول الى عناصر غير مشعة كما هي الحال في التحولات الطبيعية .

١٣ — تحطيم النواة :

ان نتائج اصطدام دقائق الفا بنوى ذرات عنصر ما تختلف باختلاف العنصر ، كما تختلف باختلاف طاقة (او سرعة) دقائق الفا المستخدمة في عملية القذف ، ولقد تبين ايضاً ان النوترون اشد فعالية في عملية قذف العناصر من دقائق الفا بسبب اعتداله من الناحية الكهربائية ، وقد تمكن شادويك سنة ١٩٣٢ من استخدام النوترونات في عملية قذف العناصر بدلا من دقائق الفا . وتبين ان نتيجة اصطدام دقائق الفا أو النوترونات بالنوى قد تكون تحطيم النواة تحطيماً كاملاً حيث تتبعثر البروتونات والنوترونات في جميع الجهات

ويرافق هذا الحادث انتشار طاقة كبيرة تظهر بشكل اشعاعات شديدة وبشكل حرارة هائلة .

١٤ — امكانية فناء المادة المشعة والطاقة الناتجة عن ذلك :

ينتج لدى تحطيم النواة بقذفها بالنوترونات كما ذكرنا بروتونات ونوترونات وطاقة كبيرة ويكون مجموع اوزان الدقائق المادية الناتجة اقل بشئ زهيد من وزن النواة مع الدقائق الداخلة في التفاعل (القذائف) قبل حصوله ، وهذا النقص في وزن المادة الذي يطرأ نتيجة للتفاعل النووي هو الذي يسبب انتشار الطاقة العظيمة اثناء تحطيم النواة وبما يجدر ذكره هنا ان العلامة اينشتاين تنبأ عن امكانية تحويل المادة الى طاقة نظرياً قبل ان تجري التجارب التي حققت هذه النبوة ، ويمكن بالاضافة الى ذلك من حساب الطاقة التي تنتج عن فناء مقدار معين من المادة ، ووضع لذلك معادلة بسيطة في شكلها الا انها ذات اهمية عظيمة : فالطاقة التي تنتج عن فناء كتلة قدرها ك من المادة تساوي حاصل جداء هذه الكتلة في مربع سرعة الضوء اي $E = K \times c^2$.

فلاجل حساب الطاقة الناتجة عن فناء غرام من المادة مثلاً بالارغات يجب حساب سرعة الضوء بالسنتيمترات ، ومن المعلوم ان سرعة الضوء تساوي تقريباً ٣٠٠ الف كيلومتر / ثانية اي $c = 3 \times 10^{10}$ سم . وعليه نجد $E = 1 \times (3 \times 10^{10})^2 = 9 \times 10^{20}$ ارغة اي ما يعادل 9×10^{13} جول . وهذه الطاقة هائلة جداً اذا قورنت بالطاقة التي تنتج عن احتراق غرام من النقود العادي ومن هنا جاءت اهمية الطاقة النووية ، وقد ايدت التجارب صحة هذه النتيجة « واكبر مؤيد لمعادلة اينشتاين هو تحقيق القنبلة الذرية » .

١٥ — الوسائل المستخدمة في عملية قذف العناصر:

ان الدقائق التي كانت تستعمل بادىء الامر في قذف نوى ذرات العناصر بنية تحول هذه العناصر الى نظائرها او تحطيمها ، هي دقائق الفا المنبعثة عن بعض العناصر المشعة الطبيعية وهذه الدقائق لها سرعة محدودة من رتبة ٢٠ الف كم/ثا ، وكذلك النوترونات التي تنتج لدى تحطيم بعض النوى وهذه النوترونات محدودة السرعة ايضاً . ولما كان قذف

النواة بدقائق ذات طاقة كبيرة بغية تركيبها او تحطيمها يساعد كثيراً على كشف اسرار المادة ومعرفة مكوناتها ونظام تكوينها كما يقدم خدمات كثيرة في المجالات العملية لاسيما في الحصول على النظائر المشعة المستخدمة في الطب ، انكب العلماء المعاصرون على إيجاد طرق ناجمة لا كساب بعض الدقائق التي تستعمل كقذائف لرجم النوى سرعات كبيرة بقدر الامكان ، ودراسة تأثيرها على نوى العناصر المختلفة ،

وقد اتجه العلماء في الوقت الحاضر الى استخدام الدقائق المشحونة بالكهرباء كقذائف نووية لرجم العناصر ، وذلك لانه يمكن التحكم بسرعة هذه القذائف باخضاعها الى ساحات كهربائية أو مغناطيسية على العكس من الدقائق المتعدلة التي لا تتأثر بمثل هذه الساحات ولا يمكن بالتالي التحكم بسرعتها ، لذلك نستعمل الآن البروتونات (او نوى ذرات الهيدروجين العادي) والدوترونات (نوى ذرات الهيدروجين الثقيل D) ، ودقائق الفا او نوى الهيليوم ويسمى احياناً الهيليونات وتكون نتيجة رجم العناصر بمثل هذه القذائف عادة هي اما تحطيم النواة واما الحصول على عناصر جديدة مشعة من عناصر غير مشعة .

وكلنا نعلم كيف تولد الاشعة السينية ، اذ تصطدم الالكترونات بالمتحدة عن المبط في انبوبة الاشعة السينية بصفحة معدنية تتحمل الحرارة العالية فتصبح هذه الصفحة مصدراً لاشعاعات هي الاشعة السينية ، فهذا مثال على عملية قذف العناصر او رجها وتحويلها الى عناصر مشعة .

الا ان الحصول على عناصر مشعة صناعية كشبه خواصها الاشعاعية خواص العناصر المشعة الطبيعية مثل الراديوم وغيره لا يمكن ان يتم استخدام الاشعة المهبطية كما هي الحال في توليد الاشعة السينية ، اذ لا بد من استخدام قذائف سريعة جداً بحيث تملك طاقة كبيرة تستطيع بواسطتها ان تحول العناصر ، ولا يعتمد كثيراً في الواقع على الالكترونات كقذائف لتحويل العناصر لان وزنها خفيف ولا تستطيع غالباً ان تتخطى الطبقات الالكترونية في الذرة وان تصل الى النواة التي هي هدف عملية الرجيم . وبالرغم من ذلك ، هناك بعض الفوائد من تسريع الالكترونات ودراسة حركتها وخواصها في التأكد من صحة بعض النظريات الفيزيائية الحديثة ، لهذا نجد اجهزة كثيرة في مراكز البحوث الحديثة من أجل تسريع الالكترونات .

اما القذائف الاخرى مثل البروتونات فتفضل في عملية رجم العناصر لانها تستطيع ان تنحطى الطبقات الالكترونية في الذرة وان تصل الى النواة .

هذا مع العلم ان الشحنة الموجبة للنواة تؤثر كثيراً على طاقة القذائف الواردة اليها لاسيما اذا كانت القذائف موجبة الشحنة كالبروتونات ودقائق الفا ، اذ تدفعها النواة بتأثير تماثل الشحنات الكهربائية ، بقوى دفع كهربائية مما يخفف من سرعة هذه القذائف ، فاذا لم تكن طاقة القذائف كبيرة لا تستطيع صدم النواة ، ومن هنا تبدو لنا اهمية تسريع القذائف المستعملة في الرجم ، والاجهزة المستعملة في التسريع كسمى السرعات وفيما يلي فكرة مبسطة وموجزة عنها .

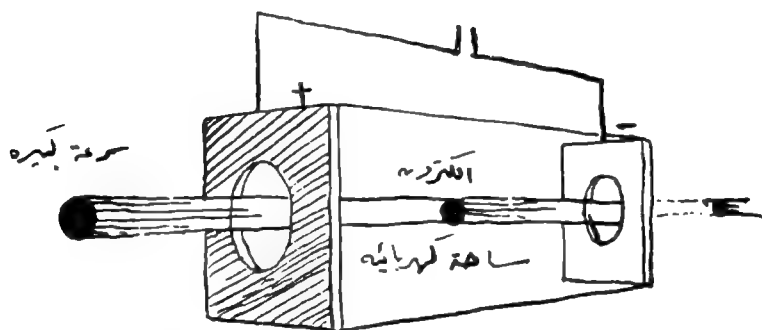
السرعات : هي اجهزة تستخدم للحصول على دقائق ذات طاقة عالية لرجم نوى العناصر بها وتحويلها الى عناصر مشعة او لتحطيمها ، او لدراسة خصائص الدقائق ذات الطاقة العالية .

والسرعات على نوعين : خطية حيث تسير فيها الدقائق بسرعة على خط مستقيم ، ودائرية تسير فيها الدقائق بسرعة على خطوط حلزونية اشبه بالدوائر .

أ - السرعات الخطية : المبدأ : لنضع صفيحتين معدنيتين الى جانب بعضها بصورة متوازية بحيث تفصل بينها مسافة صغيرة (بضعة سنتيمترات) دون ان يتلامسا مباشرة او بصورة غير مباشرة بواسطة ناقل آخر ، ولنصل هاتين الصفيحتين الى قطبي نابعة كهربائية قوية فينشأ بينها فرق في الكون (وتتشكل لدينا مكثفة كهربائية) ، ويصبح الفضاء المحصور بين الصفيحتين مركزاً لما يسمى بالساحة الكهربائية ، وتشبه هذه الساحة ساحة الثقالة الارضية ، فالارض تؤثر على جميع الاجسام الموجودة على سطحها او القريبة منها بقوى جذب نتيجة لوجود ساحة الثقالة الارضية هذه ، فاذا ترك جسم ما يسقط سقوطاً حراً في هذه الساحة فانه يتحرك حركة متسارعة وتزداد سرعته بصورة مطردة وتبلغ قيما كبيرة جداً اذا كانت مسافة السقوط كبيرة .

هذا ما يحصل تماماً لجسيم صغير مشحون بالكهرباء اذا مر ضمن الساحة الكهربائية المكثفة حيث يخضع الى قوة تؤثر عليه وتسمى القوة الكهربائية تجعله يتحرك بحركة متسارعة فتزداد سرعته .

ويستند الى هذا المبدأ في السرعات الخطية لا كساب الدقائق المشحونة سرعات كبيرة حيث تمر هذه الدقائق في ساحات كهربائية فتعاظم سرعتها بالتدرج الى ان تصل الى الهدف ولصدمه وتؤثر عليه ، والشكل التالي في الصفحة التالية يبين لنا نموذجاً من مسرع خطي : ويتألف من انبوب طويل مفرغ تماماً من الغازات ويوجد في احدى نهايتيه منبع الدقائق المشحونة وهو عبارة عن حجيرة فيها غاز يتشرد بتأثير بعض الاشعاعات ، او سلك متوهج يطلق الالكترونات . كما يوجد في الانبوب اسطوانات ينطبق محورهما المشترك على محور الانبوب وهي مفصولة عن بعضها البعض بمسافات معينة ولها كومات كهربائية متناقصة بالتدرج ،

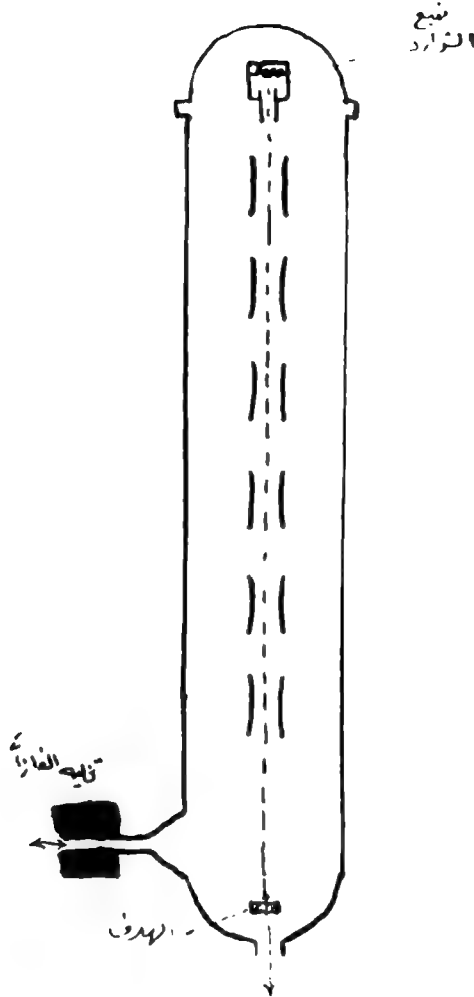


شكل - ١٠ -

والاسطوانة الاولى القريبة من منبع الدقائق هي الاسطوانة ذات الكون الاعلى (الدقائق موجبة) ، وعلى هذا الشكل تكون المسافات التي تفصل بين الاسطوانات هي مناطق الساحات الكهربائية التي تزيد من سرعة الدقائق المشحونة . فعندما تنطلق هذه الدقائق من المنبع بسرعة معينة لا تلبث سرعتها ان تزداد شيئاً فشيئاً اثناء المرور على محور الانبوب والاسطوانات الى ان تصل الى الهدف الموجود في النهاية الاخرى من الانبوب فتصدمه وتخترقه ، ويحاط هذا الهدف عادةً بمائلٍ للتبريد لانه من الضروري امتصاص الحرارة التي تنتج عن التفاعلات النووية .

ب - السرعات الدائرية (السيكلوترون) : المبدأ : ان الدقيقة المشحونة بالكهرباء

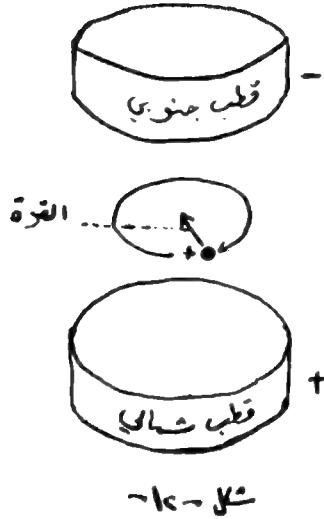
عندما تسير بسرعة معينة ضمن مساحة مغناطيسية اتجاهها عمودي على منحى الحركة تدور بحركة دائرية في مستوى عمودي على الساحة المغناطيسية لأنها تخضع حينذاك الى قوة تيجرها على



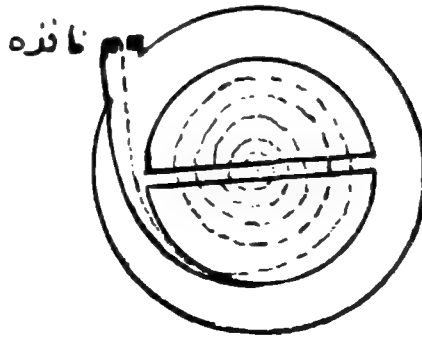
شكل (١١)

الحركة الدائرية، وتكون سرعة الدوران منتظمة، الا انه يمكن زيادة هذه السرعة باستخدام

ساحة كهربائية مناسبة بالإضافة الى الساحة المغناطيسية فتزداد السرعة وبالتالي يزداد نصف قطر الدوائر التي تسير عليها الدققة المشحونة بالتدريج فتتسم حينئذ مساراً حلزونياً تكبر حركته بالتدريج مع زيادة السرعة ، والشكل التالي يبين لنا نموذجاً من مسرع دائري أو سيكلوترون :



ويتألف من تجويف دائري مقسوم الى قسمين وهما صفيحتان اسطوانيتان تشكلان مكثفة كهربائية تولد ساحة كهربائية متناوبة بحيث تساعد الدققة المشحونة كلما اتت



شكل (١٣)

دورة كاملة على زيادة سرعتها في الدغاب والاياب اثناء الدوران ولهذا تولد ساحة كهربائية متناوبة متوافقة مع حركة الدقائق الدائرية والمتسارعة . كما تولد ساحة مغناطيسية شديدة جداً وعمودية على الساحة الكهربائية لارغام الدقائق على الدوران ، وهكذا تدور الدقائق على مدار حلزوني وتزداد سرعتها الى ان تخرج من فتحة جانبية بسرعة كبيرة وتصدم الهدف وتنبعث الدقائق من منبع موجود في مركز الجهاز .

ان جميع السرعات التي تم بناؤها حتى الآن تكسب الدقائق المشحونة طاقات عالية ولكنها محدودة ايضاً . مع العلم ان هناك دقائق مشحونة مثل البروتونات ودقائق الفا والكترونات تأتينا من الارض من مصادر كونية مجهولة (الاشعة الكونية) وتملك طاقات كبيرة جداً اذا قورنت بطاقات دقائق السرعات . لهذا السبب يهتم العلماء في الوقت الحاضر بدراسة خصائص الاشعة الكونية اهتماماً بالغاً .

١٦ — القنبلة الذرية :

الاورانيوم ٢٣٥ والنفاعل المتسلسل : لقد لعب عنصر الاورانيوم دوراً كبيراً في توليد الطاقة الذرية أو النووية الناتجة عن التفاعلات النووية ، ويوجد لهذا العنصر نظيران النظير ٢٣٨ u ٩٢ وهو الاكثر انتشاراً في الطبيعة وتتألف نواته من ٩٢ بروتونا و ١٤٦ نوترونا ، والنظير ٢٣٥ u ٩٢ وهو نادر في الطبيعة الا ان له اهمية كبيرة في التفاعلات النووية .

في نفس السنة التي بدأت فيها الحرب العالمية الثانية اكتشف العلماء خواص الاورانيوم ٢٣٥ وكان هذا الاكتشاف نقطة التحول في الابحاث الذرية اذ كان المفتاح الذي اطلق سراح الطاقة الذرية من مكنونها .

لقد تبين للعالم الالماني اوتوهان اثناء تجاربه على الاورانيوم ٢٣٥ ان هذا العنصر اذا رجم بالنوترونات تنقسم بعض ذراته الى عنصرين آخرين هما الباريوم والكريبتون ، وبصاحب هذا الانقسام انطلاق نوترونات. ولقد تبين بعد ذلك ان هذه النوترونات المنطلقة عن انقسام الاورانيوم ٢٣٥ يمكن استخدامها كقذائف لحدوث الانقسام في ذرات جديدة من نفس كتلة الاورانيوم ٢٣٥ ، فاذا منعت هذه النوترونات من الانطلاق الى

خارج المادة المنقسمة (كتلة الاورانيوم) وجعلت تصطدم بنوى الذرات الاخرى التي لم تنقسم بعد ، ظهرت عندئذ انقسامات جديدة ينتج عنها ايضاً بروتونات جديدة تستخدم بدورها ايضاً كقذائف جديدة وهكذا يستمر التفاعل النووي بصورة متتابعة ومتسلسلة وسريمة ، وتزداد الطاقة الناتجة عن الانقسام بصورة كبيرة .

وتسمى هذه الحادثة بالتفاعل المتسلسل ولا يحصل هذا التفاعل الا مع الاورانيوم ٢٣٥ ويكون عنيفاً على شكل انفجار هائل ، والطريف في الامر ان هذا الانفجار لا يحصل الا اذا كانت كتلة الاورانيوم ٢٣٥ اكبر على حد ادنى .

مبدأ القنبلة الذرية : ان الاورانيوم في الطبيعة هو مزيج من الاورانيوم ٢٣٥ والاورانيوم ٢٣٨ ، ونسبة النظير ٢٣٥ في هذا المزيج لا تتجاوز ٠,٧٪ لذلك كان لابد من فصل النظير ٢٣٥ عن النظير ٢٣٨ لاستخدامه في صنع القنبلة الذرية ، وعملية الفصل هذه صعبة للغاية ونحتاج الى عمليات فيزيائية كثيرة ومعقدة جداً يزيد عددها احياناً على خمسة آلاف عملية .

وتصنع القنبلة الذرية من وزن الاورانيوم يفوق الحد الادنى اللازم للانفجار بشيء زهيد ، لانه اذا كان وزن الاورانيوم ٢٣٥ في القنبلة أقل من الحد الادنى لا يحصل الانفجار وحصول الانفجار تسلسل التوترونات بادية الامر على المادة المتفجرة فيبدأ التفاعل ويستمر بعد ذلك من تلقاء نفسه (التفاعل المتسلسل) ويحصل الانفجار وتنتشر كمية هائلة من الطاقة الحرارية والاشعاعية .

طريقة اخرى لصنع القنبلة الذرية :

ان الاورانيوم ٢٣٨ لا يتأثر بالنوترونات البطيئة نسبياً والتي تحدث الانقسام بالاورانيوم ٢٣٥ ، ولكن اذا بلغت سرعة النوترونات سرعة معينة (تسمى سرعة الطنين) فان الاورانيوم ٢٣٨ يمتص هذه النوترونات دون ان ينقسم بل يتحول الى عنصر آخر هو عنصر البنتونيوم الذي لا يلبث ان يتحول بدوره الى بلوتونيوم ، ويحصل هذا التحول ضمن اجهزة خاصة ويرافقه انتشار اشعاعات خطيرة على الكائنات الحية ، واذا أصبحت كمية

البلوتونيوم المتكونة مساوية لبضعة كيلو غرامات تنفد مادة مفرقة يكفي لانفجارها ان تعرض للجو العادي .

١٧ — اخطار القنبلة الذرية :

يكن خطر القنابل الذرية في الاشعاعات التي تصدر عنها مثل اشعة الفا واشعة بيتا واشعة غاما الشديدة النفوذ ، هذا بالإضافة الى الغبار الذري الذي هو عبارة عن شظايا ناعمة جداً من المادة المشعة التي تتكون نتيجة للانفجار ، وتكون نتيجة الى غبار يصدر اشعاعات بصورة مستمرة ، ويسير هذا الغبار مع الرياح فيفسد الهواء ويتراكم في الحقول والمزارع ويتساقط على المياه فيلوئها جميعها ، فاذا تناول الانسان غذاء ملوثاً بالغبار الذري تعرض لآلام مبرحة وأصيب بحروق شديدة في أحشائه يصعب الشفاء منها ، ومن المؤسف ان هذا الغبار يدوم تأثيره زمناً طويلاً ، وكلنا نلم آثار القنابل الذرية التي اقيمت على الشعب الياباني في هيروشيما وناغازاكي .

وأفضل طريقة للوقاية من الاشعاعات الذرية هي ان يعتمد الانسان ما امكنه عن المناطق الموبوءة وهناك أجهزة صغيرة الحجم يمكن حملها بسهولة اثناء الانتقال من مكان لآخر حيث تساعد على الكشف عن وجود الاشعاعات الذرية .

١٨ — القنبلة الهيدروجينية :

رأينا ان القنبلة الذرية يعتمد في تفجيرها على تحطيم النواة وتفتيتها ، ولكن هناك بالإضافة الى تفاعلات التحطيم تفاعلات أخرى نووية معاكسة لها أي تفاعلات بناء ، يمكن بواسطتها الحصول على عناصر كيميائية من عناصر أخف منها ، فيمكن بالحصول مثلاً على الهيليوم ابتداء من الهيدروجين وذلك بواسطة التحام نوى الهيدروجين مع بعضها البعض ويرافق هذا الانحام ايضاً ظهور طاقة كبيرة جداً تفوق الطاقة الناتجة عن التحطيم وهذا هو مبدأ القنبلة الهيدروجينية .

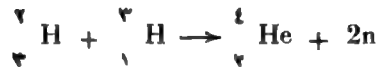
ان مصدر الطاقة الهيدروجينية (طاقة الالتحام) هو فناء المادة ايضاً اذ ان وزن

ذرة الهيليوم الناتجة عن الالتحام لا يساوي تماماً اربعة امثال وزن البروتون (أو النوترون) بل هو أقل بشي- زهيد ، وهذا الفرق في الوزن هو الذي يتحول الى طاقة .

ولتحقيق هذا التفاعل النووي يجب استخدام نظير الهيدروجين ٢ (الدوتيريوم الذي تحوي نواته بروتونا ونوترونا) ، وبالتحام نواتين على هذا النظير يتشكل نظير الهيدروجين ٣ (التريتيوم) مع ذرة من الهيدروجين المادي وفقاً للتفاعل النووي التالي :



ويؤدي النظير ${}^3_1\text{H}$ بدورة الى تشكل الهيليوم ويطلق النوترونات وفقاً للتفاعل :



حيث n ترمز الى النوترون .

شروط تفاعل الالتحام : ان التفاعلات السابقة تحتاج الى شروط صعبة لكي تحصل ، فيجب مثلا ان تبلغ درجة حرارة الغازات ٢٠ مليون درجة مئوية وان يتوفر الضغط اللازم لكي يحصل التفاعل ببطء وبصورة غير خطيرة ، ولكن اذ لم تتوفر الشروط المناسبة من حرارة وضغط وامكن للتفاعل ان يبدأ فانه يحصل بصورة انفجار هائل لا يمكن السيطرة عليه .

وتؤمن الحرارة اللازمة لحصول الانفجار الهيدروجيني بواسطة قنبلة الاورانيوم الذرية التي تنفجر اولا لتوليد هذه الحرارة اللازمة فيبدأ تفاعل الالتحام ويحصل الانفجار ، وعلى هذا تعتبر قنبلة الاورانيوم بمثابة فتيل او عود ثقاب بالنسبة لقنبلة الهيدروجين .

١٩ — مصدر طاقة الشمس الحرارية :

تحصل في الشمس تفاعلات مشابهة لتفاعلات الالتحام السابقة الذكر حيث يتكون غاز الهيليوم من الهيدروجين ولكن ببطء نظراً لتوفر الشروط المناسبة ، اذ يجري تفاعل الالتحام بوجود وسيط هو الكربون وتبلغ درجة الحرارة في الشمس حوالي ٢٠ مليون درجة مئوية .

ويحدث تركيب غاز الهيليوم في الشمس منذ آلاف السنين بل ملايين السنين وهذا يساعد الشمس على الاحتفاظ بحرارتها التي هي مصدر الحياة لارضنا .



الفصل الرابع

استخدام الطاقة الذرية في الأغراض السلمية

من أكبر الأخطاء ان تربط دائماً فكرة الذرة بصورة القنبلة الذرية او الهيدروجينية اذ نكون بذلك أشبه بمن يربط فكرة الكهرباء بكرسي الاعدام الكهربائي .

ومن نعم الطبيعة علينا في الواقع ان نكشف اسرار الذرة ونحصل على مصدر هائل للطاقة تلك الطاقة التي يجب تسخيرها لخدمة الانسان ورفاهيته لا لخرابه ودماره . ومهما أسيء استخدام الطاقة الذرية في صنع القنابل المدمرة الفتاكة فانا لا نشك اننا في بدء عصر ستكون فيه الطاقة الذرية أساس كل صناعة ، بل ستصبح دعامة لازدهار صناعي لم تر الانسانية مثله من قبل ، ومصدراً لكل خير ، وستبين فيما يلي كيف يمكن استخدام هذه الطاقة في الأغراض السلمية وتبدأ بالتطبيقات الصناعية :

١٠ — توليد الكهرباء بواسطة الذرة :

من المعلوم انه يمكن تحويل مختلف أشكال الطاقة من شكل لآخر فيمكن تحويل الطاقة الحرارية مثلاً الى عمل وبالعكس ، كما يمكن تحويل الطاقة الكهربائية الى حرارة وإلى عمل ، والطاقة الحركية الى كهرباء وهكذا .

ومصدر الطاقة الكهربائي هو طاقة شلالات المياه او طاقة المحركات التي تولد البخار ، فعندما تسقط مياه الشلالات من ارتفاعات مناسبة تدير عنفات مائية وهذه تدير ايضاً جهاز توليد التيار الكهربائي (متوثة او دينامو) ، فتحول بذلك طاقة مياه الشلالات الكامنة

الى طاقة حركية ثم الى طاقة كهربائية . ويمكن كذلك تدوير آلات توليد الكهرباء بواسطة محركات الديزل التي تستخدم المازوت ، كما يستخدم البخار المضغوط في اغلب الاحيان لتدوير آلات توليد الكهرباء ، وللحصول على البخار المضغوط تلزم الحرارة الكافية لتبخير الماء وتؤمن هذه الحرارة عادة (في الوقت الحالي على الاقل) بواسطة المحروقات مثل البترول او الفحم الحجري . . . ونستخدم لذلك المراحل حيث تسخن الماء ويذهب البخار منها الى عنفات بخارية تدبر آلات الكهرباء .

الا ان الطاقة الذرية تستطيع ان تقدم لنا كميات هائلة من الحرارة تفوق بعلايين المرات كميات الحرارة التي نقدمها المحروقات العادية ولكي نتصور مقدار الطاقة الكهربائية التي يمكننا الحصول عليها نتيجة لسلسلة التفاعلات التي تحدث بداخل قطعة اورانيوم ٢٣٥ نستطيع ان نقول انه اذا تحطمت جميع نوى كتلة من هذه المادة وزنها ١ كغ فان الطاقة الكهربائية التي يمكن ان تنتج عن ذلك تقدر بحوالي ٢٥٠٠٠ مليون كيلوات ساعي بينما لا ينتج عن احتراق كيلوغرام من الفحم الحجري سوى ٨٥٠ كيلوات ساعي . فيمكننا اذن ان نتصور مبلغ الطاقة الكهربائية التي يمكن لأي دولة من الدول الحصول عليها اذا كان لديها مادة الاورانيوم بكميات وافرة .

صعوبات توليد الحرارة من الذرة : إن توليد الحرارة من الذرة ترافقه صعوبات كبيرة :

١ — يجب السيطرة على التفاعلات النووية التي تحصل في الوقود الذري (كالاورانيوم) لئلا يحصل انفجار آتني وعنيف يذهب بمركز توليد الكهرباء وبمن حوله .

٢ — يجب إيجاد طريقة للنخلص من بقايا التفاعلات النووية او الرماد المتبقي ، لان هذه البقايا هي مواد مشعة خطيرة ، تفوق شدة اشعاعها شدة اشعاع المواد المشعة الطبيعية بألاف المرات . كما يجب تأمين الوقاية من الاشعاعات التي ترافق التفاعلات ومنع تسربها الى الخارج .

٣ — من الضروري إيجاد اجهزة معدنية تتحمل الحرارة العالية التي تتولد في الاجهزة ولتحقيق هذه الشروط تستخدم اجهزة لاجراء التفاعلات النووية تسمى الافران الذرية :

الافران الذرية :

هي اجهزة لتوليد الحرارة بواسطة الوقود الذري وهي على نوعين اساسيين :

النوع الاول : افران ذرية تحتوي على خام الاورانيوم الطبيعي الذي يحوي الاورانيوم ٢٣٥ بنسبة ضئيلة الى جانب الاورانيوم ٢٣٨ بنسبة كبيرة كوقود ذري . ويكون هذا الخام الطبيعي ممتزجاً بمادة تحوي الماء الثقيل (وهو الماء الذي يدخل في تركيبه الهيدروجين الثقيل عوضاً عن الهيدروجين العادي) . او يكون على هيئة قضبان ذات شكل هندسي خاص موضوعة داخل كتلة من فحم الغرافيت .

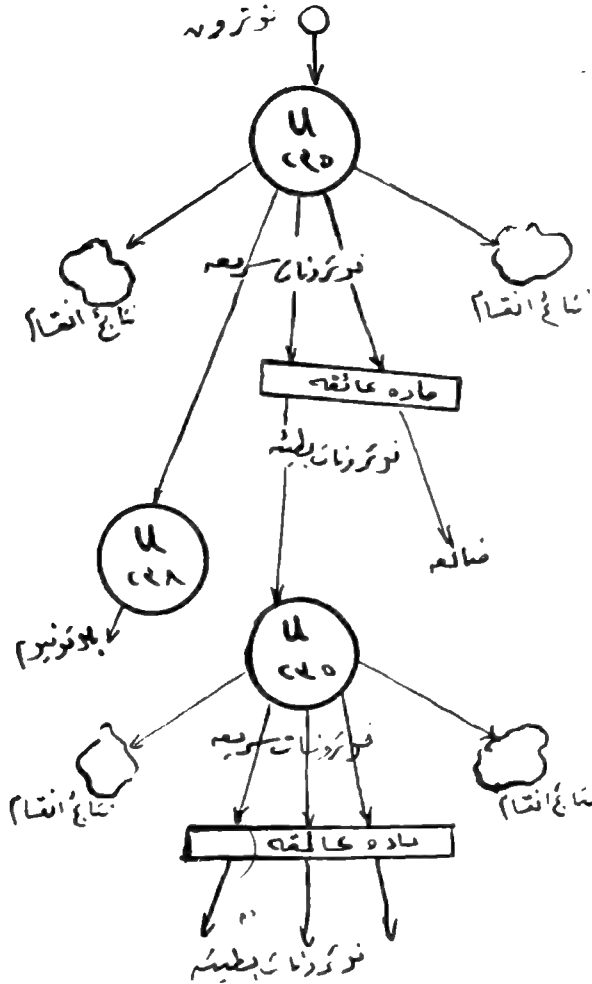
دور الماء الثقيل او فحم الغرافيت : ان الاورانيوم ٢٣٨ الموجود بكثرة في الاورانيوم الطبيعي يمتص النوترونات السريعة التي تنتج عن انقسام الاورانيوم ٢٣٥ الموجود بنسبة ضئيلة ويوقف بذلك التفاعل المتسلسل ، ولكن اذا تباطأت سرعة النوترونات الناتجة عن الانقسام واصبحت لا تتجاوز حداً معيناً فلا تؤثر حينئذ على الاورانيوم ٢٣٨ بل تسمى الى اكمال التفاعل المتسلسل مع الاورانيوم ٢٣٥ الذي يتأثر بالنوترونات البطيئة نسبياً اكثر من النوترونات السريعة التي لا تؤثر فيه على العكس من الاورانيوم ٢٣٨ .

فلاجل تخفيف سرعة النوترونات الناتجة عن بداية الانقسام وجعلها تؤثر على الاورانيوم ٢٣٥ الذي لم ينقسم بعد يستعمل جسم بيطي . سرعة هذه النوترونات دون ان يمتصها ، وقد وجد ان الماء الثقيل يقوم بالواجب من هذه الناحية ، كما ان فحم الغرافيت المطحون جيداً يقوم بنفس الوظيفة ، لذلك يستخدم احد هذين الجسمين في الفرن الذري لتخفيف سرعة النوترونات كي يستمر التفاعل المتسلسل في الاورانيوم ٢٣٥ ولئلا يتشكل قسم كبير من البلوتونيوم الذي ينتج عن تحول الاورانيوم ٢٣٨ ويصبح خطراً اذا ازدادت كميته عن حد معين . وبالرغم من ذلك لا بد ان يتحول عدد من ذرات الاورانيوم ٢٣٨ الى بلوتونيوم لذلك يفصل هذا الاخير من الفرن من حين لآخر كلاً تراكماً ، ويستفاد منه في الحصول على تفاعلات نووية ايضاً في افران خاصة اخرى .

النوع الثاني : يشبه هذا النوع من الافران الذرية النوع الاول من حيث المبدأ الا ان الوقود الذري فيه عبارة عن اورانيوم غني بالنظير ٢٣٥ على العكس من النوع الاول .

سير العمل في الافران الذرية :

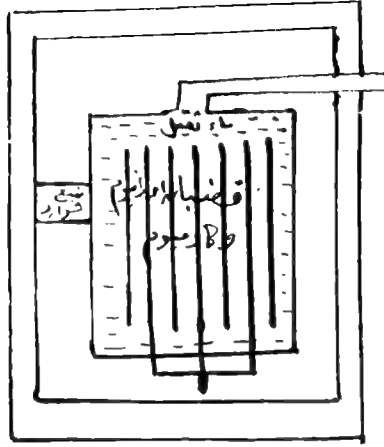
بوضع الوقود الذري في الفرن (على نوعيه) على شكل قضبان مؤلفة من طبقات متناوبة



شكل (١٤)

من الاورانيوم ومن المادة العازلة لسرعة النوترونات ميل فحم الغرافيت ، او توضع قضبان الاورانيوم ضمن الماء الثقيل .

ويمكن التحكم في سير التفاعلات النووية في الفرن بواسطة السيطرة على عدد النوترونات التي تستخدم في عملية التحطيم أو الانقسام اثناء حصول التفاعل المتسلسل ، لانه اذا ازداد عدد النوترونات يخشى ، من اندفاع التفاعل المتسلسل بسرعة وحصول الانفجار .



شكل (١٥)

وعلى العكس اذا نقص عدد النوترونات اكثر من اللازم يقف التفاعل ، لهذا تستعمل قضبان مصنوعة من الكادميوم الذي يتصف بقدرته على امتصاص النوترونات الزائدة ثم اشعاعها ثانية ولكن بعد فترة زمنية مساوي عدة دقائق (بدلا من ثواني) وتنظيم هذه القضبان داخل الفرن النووي وتوزيعها بالكيفية المطلوبة يمكن السيطرة على هذه النوترونات وبالتالي يمكن السيطرة على التفاعل .

الحماية من الاشعاعات الذرية التي تصدر عن الفرن النووي :

من أجل الحماية من الاشعاعات الذرية التي تتألف من البروتونات والنوترونات ومن اشعاعات الفا وبيتا وغاما (الشديدة النفوذ) تتخذ احتياطات عديدة ، فتستعمل المواد الواقية التي تمتص هذه الاشعاعات على اختلافها مثل معدن الرصاص الذي يوضع على الشكل

حواجز كبيرة ومميكة تحيط بالفرن الذري من اجل منع كسب اشعة غاما وغيرها ، كما تستعمل مواد غنية بمركبات الهيدروجين مثل البرافين من اجل امتصاص النيوترونات والبروتونات .

ونذكر على سبيل المثال ان فرنًا ذريًا حجمه الداخلي حوالي متر مكعب يحتاج حسب ما ذكر شادويك الى مئة طن من المواد الوقائية .

ويجهز الفرن عادة بآلة خاصة لفصل البلوتونيوم الناتج عن التفاعل كما تجمع ، وتكون ادارة آلة الفصل بعيدة عن الفرن لتجنب خطر الاشعاعات .

وهناك احتياطات عديدة اخرى تتخذ من أجل حماية العمال وغيرهم من الذين يقتربون من الافران الذرية نذكر منها :

١ - تجهيز غرف لتغيير الملابس واخذ الحمامات قبل وبعد الخروج من الامكنة الممرضة للاشعاعات .

٢ - وضع امام كل ناحية من المركز الذري مكائس خاصة لتنظيف الاقدام ، ومجففات على الهواء الساخن للأيدي .

٣ - وضع اجهزة في جميع الغرف لاختبار الجسم والملابس والكشف عن تلوثها بالمواد المشعة .

٤ - وضع جهاز اختبار اوتوماتيكي يمر فيه كل من يغادر المركز الذري للتأكد من خلوه من المواد المشعة .

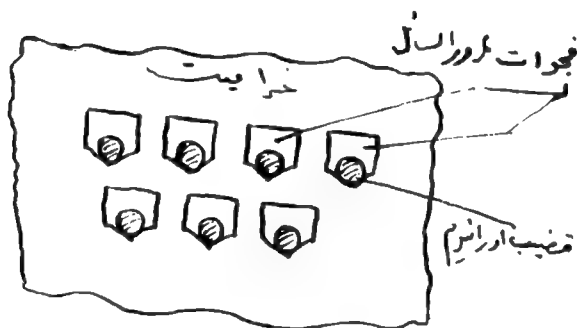
٥ - تجديد الهواء في المركز بسرعة كبيرة وتبديله دائماً تبديلاً تاماً لانه قد يتلوث بالرماد الذري ، مع العلم ان الهواء لا يطلق الى الجو مباشرة بل يرشح بواسطة اجهزة خاصة تزيل كل ما علق به من غبار مشع او غيره .

٦ - يدار العمل في الفرن بواسطة آلات توضع في اماكن بعيدة وتمزل بمجدران من معدن الرصاص .

نقل الحرارة من داخل الفرن الى خارجه :

اذا اردنا الاستفادة من الحرارة المنتشرة داخل الفرن لا بد لنا من نقلها الى خارج

الفرن مع المحافظة على منع تسرب الاشعاعات . فاذا اردنا مثلاً تحويل هذه الطاقة الحرارية الى طاقة كهربائية وجب علينا ان ننقل الحرارة الى خزان فيه ماء او الى مرجل لتبخير الماء فيه ومن ثم توجيه البخار الى العنفات البخارية كي تدير المولدات الكهربائية . وقد فكر العلماء في الطريقة التي يمكن بها نقل الحرارة من الفرن الى المرجل فوجدوا ان اسهل طريقة لذلك هي امرار سائل او غاز في فجوات محيطية بالاورانيوم فترفع درجة حرارته ثم يمرر بعد ذلك في المرجل ويسخنه ، وتكبر الفائدة التي نحصل عليها من المنفعة البخارية كلما ارتفعت درجة حرارة البخار المسلط عليها لهذا يفضل ان تكون درجة حرارة السائل او الغاز الذي ينقل الحرارة مرتفعة جداً بعد خروجه من الفرن الذري . ولكن يصعب من الناحية الفنية رفع درجة حرارة السائل او الغاز عن ٥٠٠ درجة



شكل (١٦)

مئوية والا أنلف المواد التي يتكون منها الفرن . لهذا يجب ان يكون للسائل او الغاز الذي يمر بالفجوات المحيطة بالاورانيوم الخواص التالية :

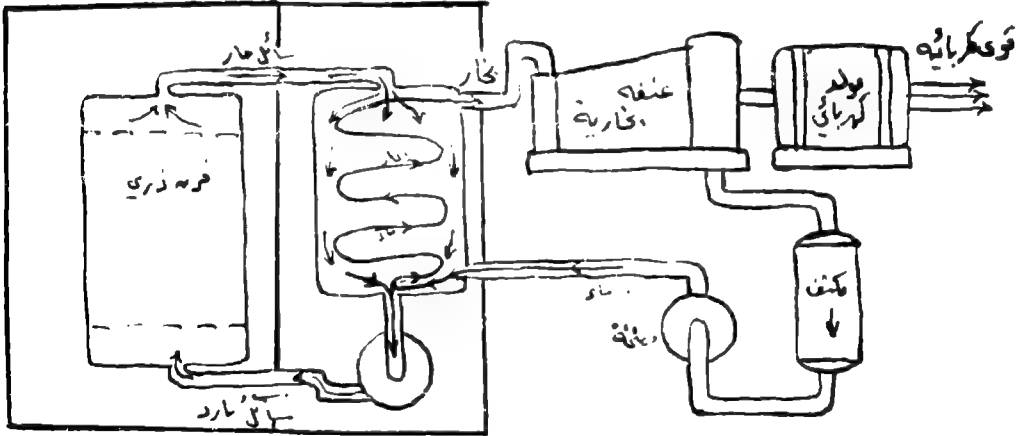
- ١ - يجب ان يتحمل درجة حرارة تساوي ٥٠٠ درجة مئوية على الاقل .
- ٢ - يجب ان يكون موصلًا جيداً للحرارة حتى تنتقل الحرارة منه واليه بسهولة .
- ٣ - يجب ان لا تكون لديه قابلية امتصاص او اختزان النيوترونات كي لا يؤثر على سلسلة التفاعلات التي تحصل داخل كتلة الاورانيوم .

٤ - يجب ان لا تتأثر ذراته بالاشعاعات الذرية الشديدة وان لا يتحول الى عنصر مشع تحت تأثيرها .

٥ - يجب ان لا تكون له قابلية للتفاعل مع مادة الاورانيوم او الغرافيت او اية مادة من مواد الفرن .

وقد وجد الباحثون ان عدداً قليلاً من السوائل او الغازات لها كل هذه الخواص . كما وجد ان افضلها تقريباً سائل يدخل في تركيبه معدن الصوديوم والبوتاسيوم .

هذا مع العلم ان هناك افراناً ذرية تستخدم غاز الكربون لنقل الحرارة او الماء الثقيل نفسه ، وتعمل مضخة من نوع خاص لضخ السائل او الغاز المستعمل لنقل الحرارة ، حيث تتوفر في هذه المضخة شروط عديدة مثل تأثرها بالمواد المشعة ، كما انها محكمة بدقة كبيرة فلا تسمح لاي أثر من الغاز او السائل بالتسرب منها الى الخارج .



شكل (١٧)

١١ - افراان ذرية لتسيير وسائل النقل :

لقد امكن صنع افراان ذرية لتسيير بعض وسائل النقل مثل الغواصات والبواخر والقطارات ، والطاقة المحركة في هذه الوسائط هي الطاقة الذرية التي تستخدم في توليد

البخار من اجل تدوير المحركات ، ويفضل استخدام الطاقة الذرية في الفـ واصات ازايا عديدة اهمها ان كمية الوقود الذري اللازمة للسير صغيرة جداً بالنسبة الى الطاقة الكبيرة التي تنتج عنها ، وهذا ما يجعل الفواصة تسير مسافات طويلة قبل ان تقف من اجل امدادها بالوقود . ومن مزايا لوقود الذري الاخرى انه لا يحتاج الى اوكسجين . هذا مع العلم ان وزن الفواصة الذرية (التي تسير على طاقة الذرة) أقل من وزن الفواصة العادية لعدم حاجتها الى كميات كبيرة من الوقود والى البطاريات الكهربائية اللازمة للانارة وطهي الطعام واتسييرها وغير ذلك .

أما بالنسبة الى السيارات والطائرات فهناك عقبة وحيدة لاستخدام الافران الذرية فيها هي ثقل الفرن الذري نفسه ، ويحاول العلماء الآن ايجاد مواد خفيفة يصنع منها الفرن ، بحيث تستطيع تحمل درجات الحرارة المرتفعة ، كما يعملون لتحقيق صنع طائرات نفائذ ذرية.

الذرة في خدمة الطب

١٨ — لقد استخدمت الاشعاعات الصادرة عن العنصر المشعة الطبيعية منذ امد ليس بعيد في بعض المالمجات الطبية ، فقد تبين ان لهذه الاشعاعات تأثيرات حيوية على الخلايا بصورة عامة ، وكافت هذه الاشعاعات تستخدم الى جانب الاشعة السينية في كثير من العلاجات مثل علاج السرطان .

الا ان الطب لم يعد يكتفي اليوم بالعناصر المشعة الطبيعية بل اخذ يستخدم النظائر المشعة الصناعية لمختلف العناصر الكيميائية في امور العلاج والتشخيص والدراسة .

لقد تبين ان الاشعاعات الثلاثة الفا وبيتا وغاما ليست متماثلة التأثير على الانسجة والخلايا فأشعة الفا لا تستخدم بصورة فعالة في الطب نظراً لقلة نفوذها من الانسجة ، لان دقائق هذه الاشعة تصدم بنوى الخلايا السطحية وتقف قبل ان تنفذ الى باطن النسيج ، واشعة بيتا المؤلفة من الالكترونات السريعة يمكنها ان تجتاز سماكة لا بأس بها من المادة قبل ان تتناقص سرعتها وتقف ، فهي تستطيع ان تخترق مثلاً سماكة سنتيمتر واحد من نسيج عضوي وبصورة عامة تقف الالكترونات في اشعة بيتا بعد ان تجتاز ٢ مم من النحاس او ١ مم من الرصاص او الفضة ، وتستعمل أشعة بيتا لمعالجة الفسج المريضة بنية شفائها وذلك بتمريض هذه النسيج اليها بصورة مباشرة .

أما اشعة غاما التي تشبه الاشعة السينية في طبيعتها فهي عظيمة النفوذ وتستعمل في كثير من العلاجات الطبية وغيرها .

وتفصل هذه الاشعاعات الثلاثة عن بعضها بعد انطلاقها من العناصر المشعة بواسطة الساحة المغناطيسية أو الكهربائية (كما وجدنا) مع العلم ان هذا الفصل ليس له تأثير كبير من الناحية الطبية اذ يمكن استخدامها مع بعضها .

٢٣ — النظائر المشعة :

ان النظائر المشعة في عناصر تشبه في خواصها الكيميائية العناصر العادية ولكن تختلف

عنها بكونها تشع بعض الاشعاعات الشبيهة باشعاعات الراديوم أو الاورانيوم (العناصر المشعة الطبيعية) كما ان وزنها الذري اكبر من الوزن الذري للنظائر العادية غير المشعة .
وقد تبين انه يمكن تحويل معظم العناصر العادية الى نظائرها المشعة بواسطة رجحها ببعض القذائف النووية المناسبة مثل التوترونات او البروتونات او الهيليونات او غيرها ، وتجري عملية القذف عادة باستخدام السرعات التي تكلمنا عنها . كما ان الافران الذرية تختلف بعض العناصر المشعة فيها نتيجة لحدوث الانقسام النووي الذي يحصل في الوقود الذري ضمن الفرن . ونستعرض فيما يلي بعض النظائر المشعة المستخدمة في الطب .

١ الفوسفور المشع P^{32} :

١٥

تحتوي نواة ذرة الفوسفور العادي غير المشع P^{31} خمسة عشر بروتونا وستة عشر
بروتونا وعندما يرجم هذا الفوسفور بتوترونات سريعة يتشكل النظير P^{32} وهو غـير
١٥

ثابت اي عنصر مشع تطلق نواة الكترولونات على شكل اشعة بيتا ويتحول الفوسفور المشع
بهذه العملية الى الكبريت العادي S^{32} ، ويبلغ نصف عمر الفوسفور المشع P^{32}
١١

١٤٣ يوماً .

٢ - اليود المشع :

يوجد لليود ثلاثة نظائر مشعة : النظير I^{128} ونصف عمره ٢٥ دقيقة والنظير
١٣٠ ، I^{130} ونصف عمره ١٢ ساعة ، والنظير I^{131} ، ونصف عمره يوم واحد .
وتتشكل نظائر اليود المشع في السيكلوترون وذلك برجم عنصر التيلوريوم بالدوترونات
(نوى الهيدروجين الثقيل ، ويظهر اليود I^{131} كذلك بين نواتج انقسام الاورانيوم
حيث يتشكل بكميات كبيرة في الافران الذرية . أما اليود I^{130} فلا يزال يصنع بواسطة
السيكلوترون ، وبشع هذا النظير اشعة بيتا ، والنظير الاكثر استعمالاً هو اليود I^{131}
نظراً لأكبر نصف عمره بالنسبة للنظيرين الآخرين . وبشع أشعة بيتا وأشعة

غاماً ويسهل الكشف عنه وتقدير كميته بواسطة الاجهزة الحساسة تجاه الاشعاعات مثل
عداد غايغر .

٣ - الصوديوم المشع ^{24}Na :

ان النظير ^{24}Na للصوديوم هو عنصر مشع ونصف عمره ١٤,٨ ساعة ويشع أشعة
بيتا و غاما .

٤ - الكربون المشع ^{14}C :

يتميز الكربون المشع أحسن أداة فعالة لدراسة مشكلة اصطناع المواد العضوية ضمن
الاجسام الحية لان الكربون يدخل في تركيب جميع المواد العضوية ، ويمطي الكربون
المشع الى الجسم الحي على شكل مركبات غذائية ثم تدرس كيفية توزيع هذا الغذاء في
سائر انحاء الجسم والتغيرات التي تطرأ عليه ، لانه يمكن ملاحقة العناصر المشعة داخل الجسم
بواسطة اجهزة الكشف التي تكشف عن الاشعاعات وتقدر كمية العنصر المشع .

٥ - الذهب المشع ^{198}Au :

ويبلغ نصف عمره ٢,٧٣ يوماً ويستعمل بشكل محلول غروي على الاغلب في العلاج
الطبي .

٦ - الكوبالت المشع ^{60}Co : الذي اخذ استعماله محل محل استعمال الاورانيوم
في العلاجات الطبية لاسيما العلاج بالاشعة ، ويبلغ نصف عمره ٣,٥ سنة .
وهناك نظائر مشعة عديدة مثل السترونتيوم والمنغنيز وغيرها تستعمل كلها حالياً
في الطب .

٢٤ - استخدام النظائر المشعة في الطب :

تستخدم النظائر المشعة في الطب لتحقيق ثلاث غايات : البحث العلمي وتشخيص بعض
الامراض ثم العلاج :
أ - تفيد النظائر المشعة في دراسة بعض العمليات الحيوية المعقدة التي تجري ضمن

الاجسام الحية ، لذلك تدخل هذه النظائر الى الجسم بشكل مركبات غير سامة او تعطى مع الاغذية ثم تلاحق في سيرها من خارج الجسم بواسطة العدادات والاجهزة التي تكشف عن سيرها وتجمعها في سيرها وتجمعها في سائر انحاء الجسم في الحالات المرضية ، ولاشك ان هذه الطريقة في البحث العلمي تنير السبيل الى تتبع عمليات التمثيل المعقدة ومعرفة نشاط وعمل كل غدة وكل عضو ، تلك الامور التي تتعذر معرفتها بالطرق الكيميائية العادية .

مثلا لدراسة نشاط الغدة الدرقية يعطى الجسم مركبات اليود المشع الذي يتركز في الغدة الدرقية بصورة رئيسية ، ويمكن معرفة مقدار ما تحتصه الغدة ومقدار ما تطرحه من اليود بواسطة قياس شدة الاشعاعات الصادرة عن الغدة .

ب - يساعد استخدام بعض النظائر المشعة على تشخيص بعض الامراض ، لانه من المعلوم ان هناك بعض العناصر الكيميائية (كالصوديوم مثلا) تتوزع توزيعاً منتظماً في بعض الاعضاء او الاجهزة او في سوائل الخلايا في مختلف انحاء الجسم ، فاذا حصل خلل في توزيع هذه العناصر او في نسبة كميتها الى باقي المواد الاخرى دل ذلك على وجود بعض الاضطرابات .

لذلك تستخدم العناصر المشعة للكشف عن وجود مثل هذه الاضطرابات ، وقد طبقت هذه الطريقة في تحديد الخلايا السرطانية في دماغ مريض بدقة مدهشة .

ج - تستخدم النظائر المشعة ايضاً في العلاج ، إذ أن الاشعاعات الصادرة عنها تساعد على شفاء بعض الامراض وتكون المعالجة بالنظائر اما داخلية او خارجية . فالمعالجة الداخلية تقتضي ادخال العناصر المشعة الى داخل الجسم عن طريق الجهاز الهضمي او عن طريق الزرق في الاوردة او العضلات ، وأحياناً نحقن في الاورام الخبيثة مباشرة ويستخدم النظير المشع الملائم للغاية المرجوة منه ، اما المعالجة الخارجية فتوضع احياناً النظائر المشعة في حبيبات مغلفة توضع في بعض التجاويف مثل المثانة او الرحم ، أو توضع هذه النظائر في حيز مقفل يوضع على الجلد ، او تعرض أحياناً الانسجة المريضة الى الاشعاعات الصادرة عن بعض العناصر المشعة مثل الكوبالت المشع .

ولا يمكن استخدام النظائر المشعة في الطب الا اذا توفرت فيها بعض الشروط الضرورية :

- ١ — يجب ان تكون كل خصائص النظير المشع الكيميائية معروفة جداً .
 - ٢ — يجب ان يكون نصف عمر النظير المشع لا هو بالقصير جداً ولا هو بالطويل ، فالقصير يحتم ان يكون المريض في مكان قريب من مكان انتاج هذا النظير حتى لا يفقد جزءاً كبيراً من نشاطه الاشعاعي في الفترة التي تمضي بين الحصول عليه وارساله الى المريض ، وفي هذا صعوبات كبيرة ويجب ان لا يزيد نصف عمر النظير المشع على عشرة أيام أو خمسة عشرة يوماً كي لا يتعرض الجسم الى المضاعفات التي تحدث من جراء وجود اشعاعات لفترة طويلة كتنقص كريات الدم وحصول الاورام الخبيثة .
 - ٣ — يجب ان يراعى عند اختيار النظير المشع ان يكون من النوع الذي يتركز في العضو او الاعضاء المراد علاجها وذلك مثل استخدام اليود المشع في امراض الغدة الدرقية نظراً لقدرتها على تركيز اليود في خلاياها ، واستخدام الفوسفور المشع في علاج بعض الاورام التي لها القدرة على تركيز الفوسفور في انسجتها .
- هذا وقد أدى استخدام النظائر المشعة في الطب الى نتائج حسنة ومرضية في كثير من الحالات .

٢٥ — الذرة والزراعة :

ان النظائر المشعة تساعد كثيراً أيضاً في دراسة بعض العمليات الحيوية المعقدة التي تجري في النباتات مثل عمليات اصطناع المواد العضوية كالزيوت والمواد الدسمة والمواد السكرية وغيرها ، تلك المواد والمركبات التي يصنعها النبات في اعضائه واقسامه المختلفة مستمينا بالماء والاملاح وغاز ثاني أكسيد الكربون ، ان سير معظم عمليات الاصطناع في النبات لا يزال مجهولاً ، لذا تستخدم الان النظائر المشعة في صنع الاسمدة لاعطائها الى النبات ، وفي تهئية جو من غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يدخل الكربون المشع في تركيبه كي يمتصه النبات ويصنع منه مركبات عضوية مشعة ، ويمكن متابعة بعض العمليات في النبات بواسطة الاجهزة الحساسة التي تتابع سير النظائر المشعة فيها وتقدر كمياتها والنتج —ولات التي تطرأ عليها .

اخف الى ذلك ان استخدام الاشعاعات الذرية تساعد كثيراً في القضاء على آفات كثيرة من آفات النباتات .

الوحدة الثانية

الكيمياء العضوية

الفصل الأول

الصفات العامة للمركبات العضوية

١ — موضوع الكيمياء العضوية .

٢ مبدأ التحليل العضوي الكيفي .

١ — موضوع الكيمياء العضوية

المواد العضوية واللاعضوية :

قسمت الكيمياء قديماً الى عضوية ولا عضوية ، تبحث الكيمياء العضوية في المواد التي هي من اصل حيواني او نباتي . كالسكر والنشا والبوله والفول وحض الخل وزلال البيض والدهون وصفة النيسله والكافور .. الخ وتختص الكيمياء اللاعضوية في بحث المواد التي لا تتصف بالحياة ، كالصا ، والاوكسجين ، وملح الطعام وحض الكبريت والمعادن وأكاسيدها وأملاحها ... الخ .

عمد الكيميائيون لاقدمون الى هذا التقسيم لانهم احاطوا المواد العضوية بهالة من التقديس والاحترام فابتعدوا عن تحضيرها في المختبر لاعتقادهم ان تركيبها يتطلب قوة خارقة ألا وهي قوة الحياة .

دام هذا التقسيم الى ان أثرق عام ١٨٢٨ ونجح العالم فوهر Wohler في استحصال البوليه التي يفرزها الحيوان بتسخين مزيج من كبريتات الامونيوم وسيانات البوتاسيوم وهما من المواد غير العضوية .

ولكن هل أفلح العالم فوهر بتجربته هذه بالتأثير على اصحاب نظرية قوة الحياة كي يهجو نهجه ويؤيدوا مفهومه للمادة العضوية ؟ كلا ولم تحز تجربته الشهرة التي كانت تستحقها في ذلك الوقت ، لكنها فتحت منفذاً للتقصي والبحث ، فاهتدى العالم برتلو Berthelot حوالى عام ١٨٥٠ الى تحضير الفول من المواد غير العضوية ، وقضت التجارب المتتالية على المفهوم القديم والاعتقاد بالباطل بضرورة قوة الحياة في تكوين المواد العضوية .

بقيت بعد ذلك الكيمياء محافظة على التقسيم القديم ، ولم يتغير اسم الكيمياء العضوية بل تغير مدلولها . وتبين بالتحليل الكيميائي العضوي أن عنصر الكربون هو المكون الاساسي لجميع المركبات العضوية ، فلا تخلو مادة عضوية من الكربون الى جانب عناصر محدودة اخرى كالهيدروجين والاكسجين والآزوت وغيرها ، ويمكن اثبات وجود الكربون في كل مادة عضوية كالخبز والسكر وزلال البيض ... الخ . وذلك بتسخينها فتحول الى كتلة سوداء من الكربون ، وبما ان الكربون هو العنصر الاساسي في تركيب المواد العضوية كلها ، اتفق على تعريف الكيمياء العضوية بأنها الكيمياء التي تبحث في مركبات الكربون .

لا يخلو هذا التعريف من مركبات كربونية شاذة لا تدخل في بحث المركبات العضوية كأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون والكربونات والسيانور .

تقسيم المواد العضوية :

تنقسم المركبات العضوية بالنسبة للعناصر التي تدخل في تركيبها الى :

١ - مركبات تحوي على الكربون والهيدروجين فقط ، وتدعى مركبات الكربون الهيدروجينية كغاز الميثان CH_4 وغاز الاثيلين C_2H_4 وغاز الاستيلين C_2H_2 والبترين C_6H_6 .. الخ .

٢ - مركبات تحوي على الكربون والهيدروجين والاكسجين كالفول التيولي CH_3OH والاسيتون CH_3COCH_3 والاتير $C_2H_5OC_2H_5$ وحض الخل CH_3COOH .. الخ .

٣ — مركبات تحتوي على الكربون والهيدروجين والآزوت كالاتيلين $C_6H_5NH_2$ والمثيل أمين CH_3NH_2 والنيكوتين $C_{10}H_{14}N_2$... الخ .

٤ — مركبات تحتوي على الكربون والهيدروجين والاكسجين والآزوت كالبولة $CO > \frac{NH_2}{NH_2}$ والكينين $C_{10}H_{14}N_2O$ وغيرها .

٥ — مركبات تحتوي على الكربون والهيدروجين والاكسجين والآزوت والكبريت كزلال البيض .

٦ — مركبات تدخل في تركيبها الهالوجينات كالكلورفورم $CHCl_3$.

٧ — مركبات تدخل في تركيبها المعادن كالتربق في المركروكروم والزرنيخ في بعض الادوية .

بعض الصفات العامة للمركبات العضوية وتفاعلاتها .

ان الصفات التي سنذكرها تؤيد فكرة فرد بحث خاص للكيمياء العضوية :

١ — الكربون يشكل الهيكل الاساسي في جميع المركبات العضوية التي عرف منها حق الآن حوالي ٧٠٠٠٠٠ مركب ولا يزال هذا العدد في نمو مستمر والى جانب الكربون يدخل في تركيبها عدد محدود من العناصر كالهيدروجين والاكسجين والآزوت وتحتوي أحياناً على الهالوجينات والكبريت والفسفور وبعض المعادن كالتربق والحديد .

٢ — لا تتحمل المركبات العضوية درجات الحرارة العالية بل تتحلل معظمها قبل الوصول الى الدرجة $500^{\circ}C$ ، بعكس كثير من المواد اللاعضوية التي تتحمل درجات أعلى من الحرارة . فالمواد الدسمة كالتربق والدهون تتخرب وتحلل حوالي الدرجة $300^{\circ}C$ ، وتتساعد منها أبخرة قابلة للاشتعال .

٣ — التفاعلات العضوية بطيئة وجزئية ومعقدة ولا تنتشر كمية كبيرة من الحرارة ، فتفاعل النول العادي مع حمض الخل يستغرق زمناً طويلاً بالنسبة لتفاعلات المواد اللاعضوية كتفاعل حمض كلور الماء مع الصود . واذا وضع حمض الخل مع النول الايتلي يتفاعل الجليمان وينشأ عن التفاعل حالات الاتيل ويلاحظ بعد انتهاء التفاعل انه لا يزال يوجد قسم

من حمض الخل الى جانب الفول ، أي أن التفاعل جزئي لا يستهلك مواد التفاعل كلها .
كذلك يتحول محلول سكر العنب الى حمض الخل مثلاً بالتخمر الخلّي في فترة طويلة تتراوح
بين ١٢-١٥ يوماً وتحصل أثناء ذلك تفاعلات معقدة جداً .

٤ - تؤلف مجموعة المركبات العضوية رمزاً تتصف كل زمرة منها بصفات كيميائية
مشتركة كزمرة الاغوال وزمرة المحوض وزمرة الامينات وزمرة المائيات الكربونية فنقول
ان لافراد كل زمرة من هذه الزمر وظيفة كيميائية واحدة . وتكفي عندئذ دراسة
مركب واحد من الزمرة كي نلم بالصفات العامة للمركبات التي لها نفس الوظيفة الكيميائية،
٥ - تتصف المركبات العضوية بظاهرة التماكب وهي وجود عدد من المركبات
العضوية المختلفة في صفاتها والتي لها نفس الصيغة الجزيئية . فمثلاً يشترك الفول الاتيلي واتير
المثيل بالصيغة C_2H_6O رغم ان صفاتها متباينة كل التباين . ولتميزهما عن بعضهما بلجأ الى
الصيغ المفصلة (المنشورة) وتكتب صيغة الفول الاتيلي بالشكل CH_3CH_2OH وصيغة
اتير المثيل CH_3OCH_3 .

٦ - كثيراً ما يحدث في الكيمياء العضوية ان صيغة مركب من مركباتها تكون
اضعاف صيغة مركب آخر فمثلاً صيغة البنزين C_6H_6 ثلاثة اضعاف صيغة الاستيلين C_2H_2
أي $(C_2H_2)_3$ تدعى هذه العملية بالضاعف ، والبتواديئين C_4H_8 يتضاعف ويعطي المطاط
الصناعي $(C_4H_8)_n$.

اهمية المواد العضوية :

لا تقتصر أهمية المواد العضوية على مجال من المجالات ، بل تسام في تطوير الحياة
البشرية من نواحي عديدة .

ان الموارد الطبيعية العديدة أمدت الانسان بكثير من المواد العضوية فاستخدمها في
طعامه وشرابه كاللواذ الزلالية والبروتينية والسكرية والخور ... الخ وانتفع من القطن
والكتان والحرير الطبيعي في كسائه . واستخلص العقاقير من النباتات كالكينين
والنيكوتين والمورفين ، واستثمر البترول من ينابيعه واستعمل نواتجه الهامة كالفازلين في

السيارات والطيارات والبرافين في صناعة الشموع ، والغازلين في التطرية والكروسين في المنازل .

وهناك كثير من المواد العضوية لا مبيد الى حصرها كالمطاط الطبيعي والعطور والمواد الملونة التي يحصل عليها من النباتات او من افرازات بعض انواع القواقع البحرية .
لم يكتف العلماء بالمواد العضوية الطبيعية بل عكفوا من الدراسة والبحث فحللوا المواد العضوية وعرفوا تركيبها واصطفوا كثيراً منها مع مركبات جديدة في مخابرم كالمطاط الصناعي واللدائن والمنسوجات الصناعية كالحرير والنايلون . فاستفادت المصانع من خبرتهم وأخذت تنتج هذه المواد بكميات كبيرة وأصبحت تباع في الاسواق بأسعار معتدلة ، فتمكن الفني والفقير من شرائها .

وقضى اصطناع المواد الملونة المتنوعة على استعمال الاصبغة الطبيعية اذ فاتها بالتنوع والكثرة وامنازت عليها بلباتها ورخص ثمنها .

وخفضت الادوية الاصطناعية كثيراً من الآلام كالاسبرين والكلوروفورم ومركبات السلفا والبنسلين والستربتوميسين الالكروميسين والفيتامينات والهرمونات .

كما وفرت المواد المتفجرة على المال كثيراً من الجهد والماء فاستعملت في شق الطرق وحفر الانفاق وقطع الاحجار .

ولا يزال العلماء بمجهودهم الجبار وافكارهم النيرة يقدمون للانسان سيلا وافراً من المواد العضوية الجديدة ، وهم يأملون ان يستعملها في المجالات السلمية .

٢ - مبدأ التحليل العضوي الكيفي

المواد العضوية والمواد المتعضية

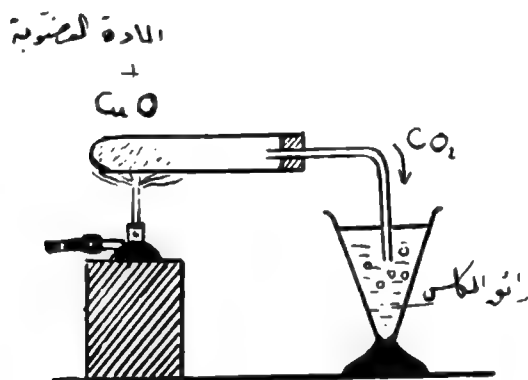
المواد المتعضية هي المواد التي تتركب منها الانسجة الحيوانية والنباتية كالدم والمظم والقمح .. الخ . وهي تتألف من مواد عضوية ولا عضوية فالمظم مثلاً يحوي المظمين من المواد العضوية ... الخ و كاربونات الكالسيوم وفسفات الكالسيوم الثلاثية من المواد اللاعضوية ويمكن تحليل المواد المتعضية واستخراج المواد العضوية منها .

تتركب المواد العضوية بدورها من عناصر بسيطة يمكن كشفها بواسطة التحليل الكيفي الذي يؤدي الى معرفة العناصر دون نسبها الى المادة .

الكشف عن العناصر الهامة في المواد العضوية

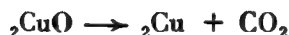
أ - الكربون :

إذا كان المركب غنياً بالكربون كالسكر والنشا شوهدت ذرات الكربون بالعين عند احتراقه احتراقاً غير تام ، وإذا احتترقت المادة العضوية احتراقاً تاماً تحول الكربون فيها الى ثاني أكسيد الكربون لذلك تمزج المادة العضوية بأكسيد النحاس (١٨) .

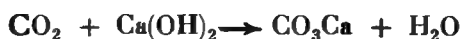


(شكل ١٨) التحري عن الكربون في مركب عضوي

وتسخن فينطلق ثاني أكسيد الكربون :



يمر هذا الغاز في رائق الكلس الذي يتشكل كربونات الكالسيوم غير الذائبة



ب - الهيدروجين :

ان احتراق أو أكسدة المادة العضوية يحول الهيدروجين الى ماء ، لذلك تجفف المادة العضوية تماماً ، ثم تسخن مع أكسيد النحاس الجاف شكل (٢) فينتطلق بخار الماء إذا



شكل (١٩) التحري عن الهيدروجين في مركب عضوي

احتوت المادة العضوية على الهيدروجين ويمكن رؤية الماء المتكاثف على جدار الأنبوب الحاوي على المادة المتحللة .



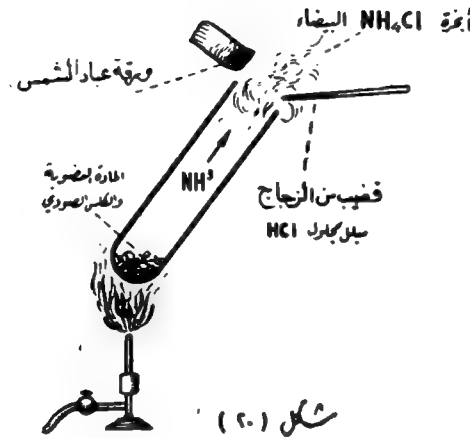
ج - الآزوت :

بمعد في الكشف عن الآزوت الى تحويل الآزوت الى غاز النشادر أو السيانور .

تسخن المادة العضوية كالبولة مع الكلس الصودي (الكلس الحي المشرب بماءات الصوديوم) شكل (٣) فإذا احتوت الآزوت تحول الى غاز النشادر ، ويمكن معرفة هذا الأخير من رائحته . أو بتغييره لون عباد الشمس من الاحمر الى الازرق ، أو بتقريب قضيب زجاجي مبلل بمحضر كلور الماء من الغاز المنطلق فيتشكل ضباب أبيض من كلور النشادر .

لا تنجح هذه الطريقة في كل المركبات العضوية الحاوية على الآزوت لذلك يحول الآزوت الى سيانور . تسخن المادة الجافة مع الصوديوم فيتحد الكربون والآزوت مع

الصوديوم ويتشكل سيانور الصوديوم NaCN . ثم يضاف الماء المقطر فينحل السيانور ويرشح المحلول . تؤخذ الرشاحة وتسخن الى درجة الغليان مع كبريتات الحديد وكلور الحديد، وبعد التبريد تضاف بضع نقاط من حمض كلور الماء لتعديل ماءات الصوديوم الزائدة ، وبذلك يتشكل راسب شديد الزرقة يدعى بأزرق بروسيا .



شكل (١٠) التحري عن الآزوت بواسطة الكلس الصودي

د - الأكسجين :

تجفف المادة المضوية جيداً وتسخن بمزول عن الهواء فإذا احتوت على الأكسجين اتحد مع الكربون وشكل ثاني أكسيد الكربون أو اتحد مع الهيدروجين وشكل بخار الماء الذي يتكاثف على جدار الأنبوب .

الكربون وعرفته بالمركبات العضوية

١ — الروابط المشتركة البسيطة والمضاعفة والثلاثية .

٢ — السلاسل الكربونية المفتوحة والمغلقة .

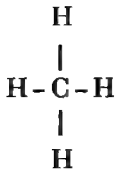
١ — الروابط البسيطة المشتركة والمضاعفة والثلاثية

لقد درست في الوحدة الاولى بنية الذرة ، وعلمت أن عدد الالكترونات التي تحيط بالنواة يختلف من عنصر لآخر ، وأن العنصر يميل الى اكمال طبقاته الالكترونية السطحية كي يصبح عنصراً مستقراً ، ففي كل العناصر تم الطبقة السطحية بثمانية الكترونات ، اما في كل من الهيدروجين والهيليوم فان الطبقة السطحية تم بالكترونين فقط .

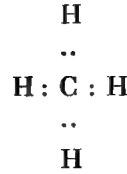
وعلمت ان الذرات في الاجسام المركبة ترتبط ببعضها البعض بروابط على نوعين ، روابط ايونية وروابط مشتركة (تسادية) . وهما في الكيمياء العضوية الروابط المشتركة بصورة خاصة .

الروابط المشتركة البسيطة :

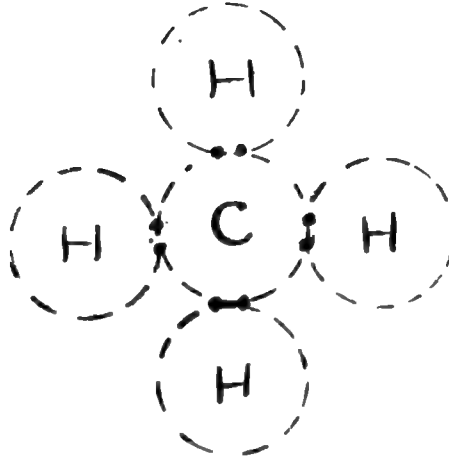
ان الكربون في المركبات العضوية يرتبط في العناصر الاخرى بروابط مشتركة كما في الميثان CH_4 فذرة الكربون تحوي أربعة الكترونات سطحية ، وتحتاج الى أربعة الكترونات لاكمال طبقتها السطحية فهي رباعية القيمة الاتحادية ، وبما ان ذرة الهيدروجين تحتاج الى الكترون واحد كما رأينا لانمام طبقتها السطحية فهي أحادية القيمة الاتحادية ، وان أربعة ذرات من الهيدروجين تشترك مع ذرة من الكربون لتكوين مركب ثابت وهو الميثان ، وتكتب صيغة الميثان المفصلة كما يلي :



أو

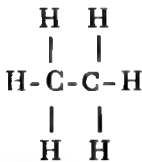


حيث تمثل النقاط الإلكترونات السطحية فقط ، فكل ذرة هيدروجين اشتركت مع ذرة كربون بزواج من الإلكترونات أي برابطة مشتركة بسيطة كما في الشكل التالي :

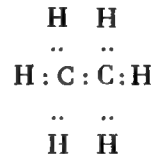


(شكل ٢١) صورة مبسطة لاتحاد ذرة الكربون مع ذرات الهيدروجين

ويمكن لذرة الكربون ان ترتبط مع ذرة اخرى أو عدة ذرات من الكربون كما في الابعث :



أو



ترتبط ذرة من الكربون بذرة أخرى وتشارك معها بالإلكترونين سطحين أحدهما من الذرة الأولى وثانيها على الذرة الثانية ، وتتصل كل ذرة من الذرتين بثلاثة ذرات من الهيدروجين لتشكيل الابعث . ملاحظ في هذا المركب أن كل ذرة كربون تحوي في

طبقتها السطحية على ثمانية الكترونات وكل ذرة هيدروجين تحوي في طبقتها السطحية على الكترنين .

أما في البروبان فتتصل ثلاثة ذرات من الكربون بنفس الطريقة .



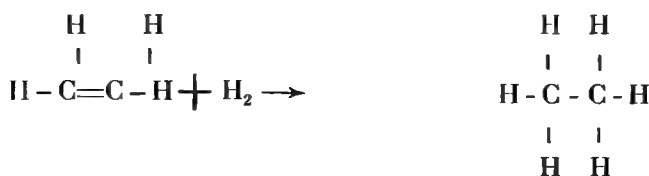
الروابط المشتركة المضاعفة :

هناك امكانية أخرى في اتحاد ذرات الكربون مع بعضها وهي اشتراك أربعة الكترونات بين ذرتي الكربون كما في الاتيلين :



في المثال السابق يشترك الكترونان من ذرة الكربون الاولى مع الكترنين من ذرة الكربون الثانية ويصبح بينها أربعة الكترونات مشتركة ، تدعى الرابطة الممثلة بأربعة الكترونات مشتركة بالرابطة المشتركة المضاعفة ويرمز اليها بخطين = كما هو واضح في صيغة الاتيلين .

ان الرابطة المضاعفة ليست رابطة متينة كما يتبادر الى الذهن لاول وهلة بل على العكس هي رابطة ضعيفة سرعان ما تنفك وتعود الى الرابطة البسيطة . والمركبات التي تحوي على روابط مضاعفة هي مركبات غير مشبعة تميل دوماً الى ضم عناصر اخرى . فجزء الاتيلين يضم ذرتين من الهيدروجين بطررف مناسبة ويتحول الى الايتان وهو من المركبات المشبعة .



الروابط المشتركة الثلاثية :

تتحد في بعض الاحيان ذرتان من الكربون مع بعضها بثلاثة أزواج من الالكترونات كما في الاستيلين .



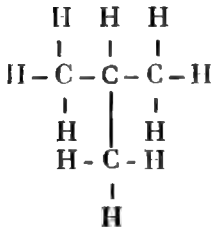
يدعى هذا النوع من الروابط بالروابط الثلاثية ، وتتألف من ستة الكترونات مشتركة نصفها من ذرة الكربون الاولى والنصف الثاني من الذرة الاخرى .

تميل المركبات التي تحوي روابط ثلاثية الى تفاعلات الضم كما هي الحال في المركبات التي تحوي الروابط المختلفة لأن الروابط الأحادية هي أقوى الروابط وأبسطها .

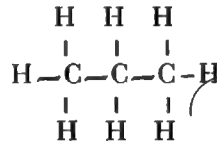
ويلاحظ أن الكربون في جميع مركباته المشبعة وغير المشبعة يحافظ على قيمته الانحادية الرابعة .

٢ - السلسلة الكربونية المقنونة والمغلقة

ان ذرات الكربون في المركبات العضوية ترتبط مع بعضها كما ترتبط حلقات السلسلة لذلك تدعى بالسلسلة الكربونية . فاما أن تكون هذه السلسلة مستقيمة وبسيطة أو مستقيمة ومتفرعة كما في البروبان والبوتان غير النظامي على الترتيب :



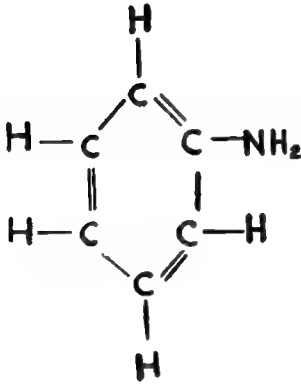
بوتان غير نظامي



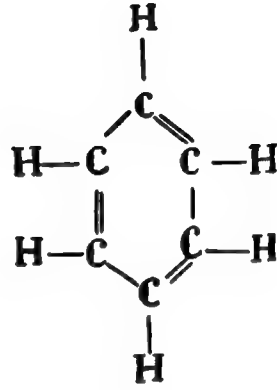
بروبان

يلاحظ ان طرفي سلسلة الكربون غير مرتبطين مع بعضها في المثالين السابقين فتدعى السلاسل التي من هذا الشكل بالسلاسل الكربونية المفتوحة .

اما اذا ارتبطت ذرات الكربون وشكلت منحنيًا مغلقًا أطلق عليها اسم الهامسل
الكربونية المغلقة كما في البنزين والانيلين .



أنيلين



بنزين

* * *

الفصل الثاني

الوظائف الكيميائية العضوية

الوظيفة الكيميائية العضوية :

تقسم المواد العضوية كما ذكرنا الى زمرة مثل زمرة الاغوال وزمرة الحموض وزمرة الامينات وزمرة السيتونات وزمرة الالدهيدات . . . الخ . يتصف أفراد كل زمرة من هذه الزمر بخواص كيميائية متشابهة ، تدعى مجموعة هذه الخواص لكل زمرة بالوظيفة الكيميائية .

ان التشابه في الخواص الكيميائية لأفراد الزمرة الواحدة يعود الى وجود مجموعة من الذرات في جزيء كل منها يسمى بالجذر الوظيفي كجذر الهيدروكسيل OH - الذي يوجد في جزيئات جميع الاغوال وهو الذي يكسبها جميع الخواص الكيميائية المشتركة التي تؤلف الوظيفة الغولية . واليك بعض افراد زمرة الاغوال :

$\text{CH}_3 - \text{OH}$ غول ميثيلي

$\text{C}_2\text{H}_5 - \text{OH}$ غول إيثيلي

$\text{C}_3\text{H}_7 - \text{OH}$ غول بروبيلي

وتحتوي زمرة الحموض على جذر الكربوكسيل COOH - الذي يوجد في جزيئات جميع الحموض العضوية ويكسبها الخواص الكيميائية المشتركة التي تؤلف الوظيفة الحمضية ، كما في الامثلة التالية :

حمض الفورم H - COOH

حمض الخل CH₃ - COOH

حمض الزيت C₁₇H₃₃ - COOH

وما ذكر من أجل الوظيفة الفولية والوظيفة الحمضية صحيح من أجل الوظائف الكيميائية الأخرى ويمكننا القول بصورة عامة :

إذا جمعت الخواص الكيميائية بين عدد من الأجسام الضوئية كان لها وظيفة كيميائية واحدة وكان في صيغتها قسم دعوانه بالقسم الوظيفي لا بد من وجوده ، على نفس الشكل ، في من منها . وبالمقابل متى وجد هذا القسم الوظيفي في صيغة جسم ما حكم أنه من تلك الزمرة وله تلك الوظيفة .

وتتميز زمرة الألدهيدات بالجذر الوظيفي CHO - ومن أفراد هذه الزمرة :

الفورمول H - CHO

الاهيد الاتيلي CH₃ - CHO

وأخيراً نذكر زمرة الأمينات التي تشترك بالقسم الوظيفي NH₂ - كما في الأجسام التالية :

المتيل أمين CH₃ - NH₂

الانيل أمين C₂H₅ - NH₂

الأنيلين C₆H₅ - HN₂

دراسة بعض الوظائف الكيميائية العضوية

١ - الوظيفة الفولية .

٢ - الوظيفة الحمضية .

١ - الوظيفة الفولية

ان لمركبات الزمرة الفولية صيغة عامة من الشكل $C_nH_{2n+1}OH$ (يدل n على عدد ذرات الكربون) . فالجذر الهيدروكسيلي OH - يؤلف قسمها الوظيفي ، فلو جعلت $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$. . . الخ لحصلت بالترتيب على :

ميثانول (غول متيلي) $CH_3 - OH$

إيثانول (غول اتيلي) $C_2H_5 - OH$

بروبانول (غول برويلي) $C_3H_7 - OH$

بوتانول (غول بوتيلي) $C_4H_9 - OH$

فالميثانول يحوي على جذر هيدروكسيلي مرتبط بجذر $\text{كربون هيدروجيني } CH_3 -$ يسمى بجذر الميثيل وهو أحادي القيمة الاتحادية ، ولهذا السبب يدعى الميثانول بفول الميثيل . اما الايثانول فيحوي الى جانب الجذر الهيدروكسيلي جذر كربون هيدروجيني $C_2H_5 -$ وحيد القيمة الاتحادية يدعى بجذر الاثيل ، فيسمى الايثانول غول الاثيلي ، وهكذا بالنسبة للبروبانول والبوتانول وغيرهما ، وبصورة عامة ندعو جذر الكربون الهيدروجيني ألكيل .

فلو رمزنا لجذر الكربون الهيدروجيني وحيد القيمة الاتحادية كجذر الميثيل $CH_3 -$ وجذر الاثيل $C_2H_5 -$. . . الخ ، بالرمز R - لاصبحت صيغة الاغوال العامة بالشكل :

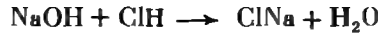


بعض الصفات المشتركة للاغوال :

١ - تتفاعل الاغوال مع المحوض المعدنية وتشكل اتيرات ملحية :

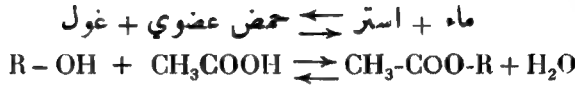


وهذا التفاعل يشبه تفاعل الاسس مع المحوض في الكيمياء اللاعضوية كتفاعل ماءات الصوديوم مع حمض كلور الماء .

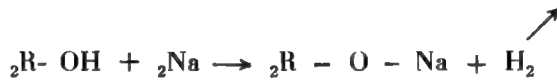


ومن هذين التفاعلين يتبين لك ان الفول يشبه الاساس ولا تعتبر الاغوال من الاسس لانها لا تؤثر في محلول عباد الشمس الاحمر ، ولا تمرر التيار الكهربائي .

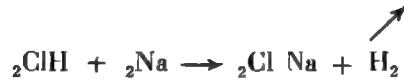
وتتفاعل الاغوال مع المحوض العضوية وتعطي استرات :



٢ — تتفاعل الاغوال مع الصوديوم فيتشكل غولات الصوديوم وينطلق الهيدروجين

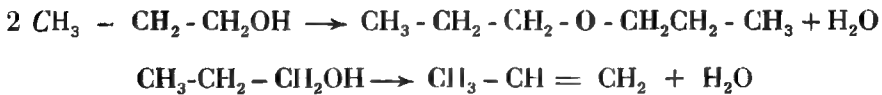


لاحظ التشابه بين التفاعل السابق وتفاعل الصوديوم مع حمض كلور الماء



يتبين لك ان الفول يسلك سلوك الحمض ومع ذلك لا يعتبر من المحوض لانه لا يؤثر في محلول عباد الشمس الازرق ولا يمرر التيار الكهربائي .

٣ — يمكن انتزاع جزء من الماء من الاغوال فتعطي انيرا كسيدي او كربون هيدروجيني غير مشبع بحسب شروط التجربة ، فالفول البروييلي يعطي اما ثاني بروبييل الاثير او بروبيلين كما في التفاعلين التاليين:



٤ — تتأكسد الاغوال وتعطي مركبات مختلفة بحسب شروط التجربة . وهنا نميز ثلاثة أنواع من الاغوال بحسب نواتج الاكسدة :

أ — الاغوال الاولى صيغتها العامة $R-CH_2OH$ وبؤلف CH_2OH — قسمها الوظيفي نرى ان هذه الصيغة العامة تنطبق على صيغة الفول الايلي عند كتابته بالشكل CH_3-CH_2OH وعند اكسدتها تعطي ألدهيداً ثم حمضاً . وتم الاكسدة بمؤكسد قوي كثاني كرومات البوتاسيوم او بالهواء مع التسخين ووجود وسيط أو بالهواء مع بعض الحماض .



الدهيد

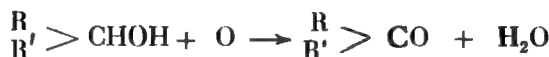


حمض

ب — الاغوال الثانوية صيغتها العامة $\begin{matrix} R' \\ | \\ R \end{matrix} > CHOH$ (بدل R' على ألكيل أيضاً)
وقسمها الوظيفي $> CHOH$

ان الفول البروبيلي من الاغوال الثانوية فصيغته $\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{matrix} > CHOH$ تنطبق تماماً على الصيغة العامة .

فاذا تأكسد الفول الثانوي اعطى مركباً سيتونيا يحوي على القسم الوظيفي $> CO$:



ج — الاغوال الثلاثية صيغتها العامة :

$\begin{matrix} R_1 \\ | \\ R_2 \\ | \\ R_3 \end{matrix} C-OH$ (بدل كل من R' و R'' على ألكيل أيضاً) وقسمها الوظيفي $C-OH$

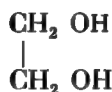
ومن الاغوال الثلاثية : غول البوتيل الثلاثي $\begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_3 \\ | \\ CH_3 \end{matrix} C-OH$

تتأكسد الاغوال الثلاثة بصعوبة ولكن عند اكسدها تتحطم جزئياتها لتعطي حموضاً مختلفة .

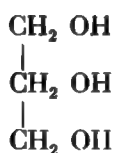
لاحظ ان الجذر الهيدروكسيلي في الاغوال الاحادية يرتبط بكاربون اولي يتصل بذرتي هيدروجين وجذر ألكيلي . وفي الاغوال الثانوية يرتبط الجذر الهيدروكسيلي بكاربون ثانوي أي يرتبط بذرة هيدروجين واحدة وجذرين الكيليين متشابهين أو مختلفين أما في الاغوال الثلاثية فيرتبط الجذر الهيدروكسيلي بذرة كاربون ثلاثي أي لا يتصل بأية ذرة هيدروجين بل يرتبط بثلاثة جذور الكيلية متشابهة أو مختلفة .

تعدد الوظيفة الفولية :

هناك أغوال تحوي اكثر من جذر هيدروكسيلي واحد تسمى الاغوال المتعددة الوظيفة الفولية فالثلاثيكون ثنائي الوظيفة الفولية وصيغته :



والحلون الثلاثي الوظيفة الفولية كما يبين من صيغته :

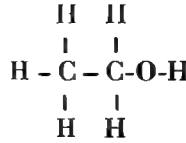


وسندرس فيما يلي الفول الاتيلي بصورة مفصلة كتطبيق على الوظيفة الفولية .

الفول الاتيلي

صيغته :

ان الصيغة المجملة للفول الاتيلي $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ لا تعطي صورة واضحة عن صفاته . ولإبراز قسمها الوظيفي يلجأ الى بعض تفاعلاته الكيميائية ، وتكتب صيغته المفصلة على ضوء هذه التفاعلات مع مراعاة القيم الاتحادية للعناصر عند ارتباطها مع بعضها :



لاحظ ان الكربون يرتبط بأربعة أربطة والهيدروجين برابط واحد والا كسجين برابطين . ويمكن تبسيط هذه الصيغة المفصلة وكتابتها بالشكل :



خواصه الفيزيائية :

الغول النقي أو المطلق سائل بدون لون ، رائحة مقبولة وطعم محرق ، يتجمد في الدرجة $- 114^{\circ}$ ويغلي في الدرجة 78.35°C تحت الضغط النظامي ، وزنه النوعي 0.79 غ/سم^3 في الدرجة 15°C .

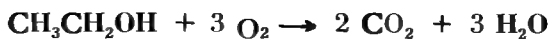
يتمزج الغول مع الماء بأية نسبة ويرافق هذا الامتزاج نقصان في حجمه وانتشار كمية ضئيلة من الحرارة ، ويمكن معرفة حجم الغول في مزيج من الماء والغول بقياس الغول Alcoomètre ، وتقرأ نسبة الغول مباشرة عند وضعه في السائل . وإذا قرأت مثلا الرقم ١٨ فمضى ذلك أن درجة الغول 18°C أي يوجد ١٨ سم^٣ من الغول في ١٠٠ سم^٣ من المزيج .

ومن أهم خواصه الفيزيائية قدرته على إذابة كثير من المواد كاليود (صبغة اليود) والكافور والراتنجات (صناعة الورنيش) والمطور (ماء الكلونيا) .

خواصه الكيميائية :

١ - احتراقه :

يحترق الغول في الأكسجين أو الهواء بلبه غير مضيء ويتشكل بخار الماء وثنائي أكسيد الكربون .



وينتشر عند احتراق الفول كمية كبيرة من الحرارة لذلك يستعمل كوقود .

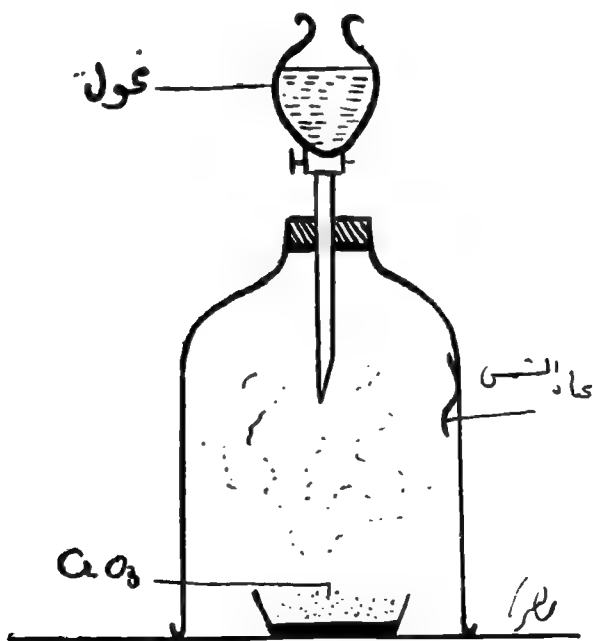
٢ - أكسدته :

يتأكسد الفول الانتيلي بالهواء وبوجود وسيط ، أو بالأكسيدات القوية وبمطي أسيت
الدهيد ثم حمض خل :



تجربة :

ضع قليلا من بلاماء الكروم Cr_2O_3 في جفنة صغيرة وادخلها تحت ناقوس شكل (٢٢) .



شكل (٢٢) تأكسد الفول بواسطة بلاماء الكروم

ثبت على جدار النافوس الداخلي ورقة من عباد الشمس الازرق . صب يبطء بواسطة انقمع بضعة سنتمترات مكعبة من الغول الاتيلي فوق الجفنة فيحدث تفاعل شديد وتنفجر أبخرة تلون عباد الشمس الازرق باللون الاحمر . اذن فهي أبخرة تحوي على حمض الخل . وينقلب لون بلاماء الكروم الاحمر الى اللون الاخضر وهو لون أكسيد الكروم CrO_3 .

وللكشف عن الألهيد ، اقلب النافوس فتنش رائحة الألهيد بمنزجة مع رائحة حمض الخل :

٣ - تأثير الصوديوم :

يتفاعل الغول المطلق مع الصوديوم وينشر غاز الهيدروجين وتتكون إبتلات الصوديوم .



تحل ذرة الصوديوم محل الهيدروجين ولو أضيفت كميات جديدة من الصوديوم على الناتج المذكور لما تبادل مع ذرات الهيدروجين الأخرى في جزيء الغول . لذلك تفرد هذه الذرة عن بقية الذرات عند كتابة صيغة الغول .

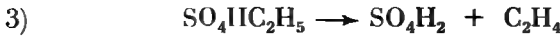
تأثير المحوض المعدنية :

يتفاعل الغول الاتيلي مع حمض الكبريت المركز ويمطي نواتج مختلفة حسب درجة الحرارة . فاذا سخن المزيج الى درجة 80°C ينتج كبريتات الاتيل الحامضة وماء .

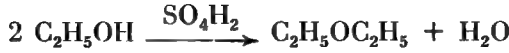


واذا استمر التسخين وارتفعت درجة الحرارة الى حوالي الدرجة 140°C تفاعلت كبريتات الاتيل الحامضة مع الغول الاتيلي وتنتج الاثير العادي (أكسيد الاتيل) .

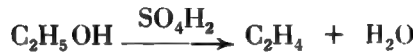




ان حمض الكبريت الذي دخل في التفاعل الاول ظهر مع نواتج التفاعلين الثاني والثالث ، ويمكن ان نختصر التفاعلين الاول والثاني فنكتب التفاعل النهائي كما يلي :

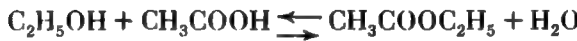


ونكتب التفاعل النهائي للتفاعلين الاول والثالث بالشكل الآتي :



هـ — تأثير الحموض العضوية :

يتفاعل الفول الاتيلي مع الحموض العضوية ويعطي استرات . لذلك يسمى هذا التفاعل بالاسترة ، فمع حمض الخل CH_3COOH يعطي خلالات الاتيل ويمتاز برائحته الذكية التي تشبه رائحة الثمار :



تجربة :

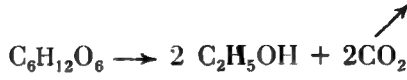
امزج قليلاً من الفول الاتيلي مع قطرتين من حمض الكبريت المركز ثم أضف ١ سم^٣ من حمض الخل الثلجي .

سخن الانبوب في حمام مائي مدة ثلاث دقائق تقريباً . ثم برد الانبوب وصب محتوياته في كأس فيه قليل من محلول كرومات الصوديوم المشبع حتى تتعادل الحموضة الزائدة ، لاحظ خلالات الاتيل الزكية .

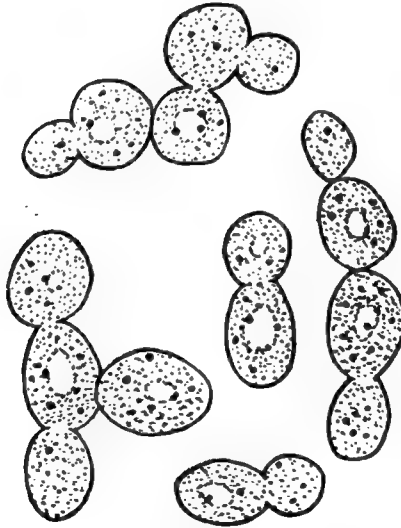
استحصالة :

لستحصل الكمية العظمى من الفول الاتيلي بواسطة تخمر المواد السكرية أو النشوية ، فنستخدم حبوب الذرة أو الشعير أو البطاطا أو بعض الفواكه كالعنب ، كما يستعمل مولاس

قصب السكر والشمندر . وفي جميع ما ذكر تحول السكريات المعقدة الى سكريات بسيطة قابلة للتخمر الفولي مع العلم أن النشا يعتبر من السكريات المعقدة .
 يتم تحول السكر البسيط الى غول بواسطة خميرة البيرة ويدعى هذا التخمر بالتخمر الفولي :



ويجب ان نذكر هنا ان هذا التفاعل البسيط يحصل نتيجة تفاعلات عديدة معقدة يتحول خلالها جزء السكر الى جزئين من الفول . اذن فما هو فعل الخميرة ؟
 ان الخميرة من الكائنات الحية الصغيرة جداً شكل (٦) وهي نوع من الفطور تعيش في المحاليل السكرية ضمن شروط ملائمة من درجة الحرارة وتركيز المحلول وقد بين العالم باستور Pasteur أن الخميرة تفرز مادة تدعى زيماز Zimase تساعد على تحول السكر الى غول فهي تلعب دور الوسيط .



شكل (٢٨)

شكل (٢٣) خلايا الخميرة كما تبدو تحت المجهر

وبصنع الفول في حمض من المحلول السكري الذي يتبقى من صناعة السكر ويدعى بالمولاس ، ويستخدم الشمندر كمادة ازلية في هذا العمل .

وبعد عملية التخمر يحصل سائل يحتوي على غول انيلي ونواتج ثانوية ، لذلك يقطر تفطيراً بجزأ التركيز الفول وفصله عن الماء والنواتج الاخرى ، وهكذا يستحصل الفول التجاري الذي تبلغ نسبة الفول فيه ٩٥ ٪ .

تجربة :

أذب ١٠ غ من سكر العنب في ٢٠٠ سم^٣ من الماء الموضوع في دورق كبير سعته نحو ليترين ، وأضف الى المحلول خميرة البيرة ، سد الدورق بسدادة ينفذ منها أنبوب انطلاق وأغمس نهايته في كأس يحوي على رائق الكلس . تلاحظ بعد مدة قصيرة تمكّر رائق الكلس الذي يدل على انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون

سخن الدورق لدرجة ٢٥°م وأتركه في مكان دافئ وبعد ٢٤ ساعة سخن جزءه آمن المزيج تسخيناً لطيفاً بعد وضعه في دورق مسدود بسدادة ينفذ منها أنبوب شاقولي مفتوح وطويل فيمكنك اشعال الفول عند طرف الانبوب .

الفول الانيلي المطلق :

الفول الانيلي المطلق هو الفول النقي والخالٍ من الماء ، أي تبلغ نسبة الفول فيه ١٠٠ ٪ لذلك يعتمد في الصناعة الى تخليص الماء من الفول التجاري الذي تبلغ نسبة الفول فيه ٩٥ ٪ . فنضاف مادة جاذبة الماء كالكلس الحي الذي يتفاعل مع الماء ويعطي ماءات الكلسيوم ، ثم يقطر المزيج ويجمع الفول المطلق بعد تكافئه .

استعمالاته :

ذكرنا ان الفول من أهم المذيبات العضوية ، لذلك يستعمل في الحار وفي الصناعة فيستخدم في صناعة الحرير الصناعي والسلويد ، ومستحضرات التجميل ، والاصبغة والادوية .

مضار المشروبات الروحية :

المشروبات الروحية سوائا تحتوي على نسب متفاوتة من الفول الاتيلي ، فبعضها كالبيرة من ٣٪ الى ٦٪ من الفول ، أما في المشروبات الروحية الاخرى كالويسكي فترتفع نسبة الفول الى ٥٠٪ .

ان الفول لا يحتاج الى عمليات الهضم ، بل ينفذ من المعدة الى الدم مباشرة فيتأ كسد في أنسجة الجسم ويولد بعض الحرارة والطاقة ، واذا زادت كمية الفول التي يتناولها عن الحد الذي تستطيع أن تؤكسده الانسجة ، تراكم فيها وأحدث تسمماً يدعى بالتسمم الفولي :

والفول يفتك بأعضاء الانسان الأساسية ، كالخ والمعدة والكبد ، والى جانب ذلك يضمف مقاومة الجسم للأمراض كالسل .

لما كان الفول النقي يدخل في المشروبات الروحية وفي تركيب الروائح العطرية وفي المستحضرات الطبية والاعراض العملية لذلك تفرض عليه ضرائب عالية ويضاف الى الفول المستعمل كوقود وفي الاعراض الصناعية مواد سامة أخرى ملونة لكي تحول دون استعماله في المشروبات الروحية ، فيضاف الفول المتيلي $\text{CH}_3 \text{OH}$ وهو من المواد السامة جداً .

٢ — الوظيفة المحفزة

تنتج الحموض من أكسدة الاغوال الاولى كما رأينا . وصيغتها العامة $\text{R}-\text{COOH}$ فجذر الكاربوكسيل $\text{COOH}-$ يؤلف قسمها الوظيفي ، وترمز R الى الالكيل ، واليك بعض الحموض العضوية :

$\text{H}-\text{COOH}$ حمض النمل

CH_3-COOH حمض الخل

$\text{C}_2\text{H}_5-\text{COOH}$ حمض البرويون

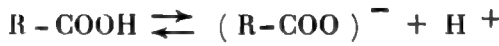
حمض الزبدة النظامي $C_3H_7 - COOH$

حمض النخل $C_{15}H_{31} - COOH$

تطبق أيضاً صيغ الحموض السابقة على الصيغة العامة $C_nH_{2n+1}COOH$ (بدل n على عدد ذرات الكربون) .

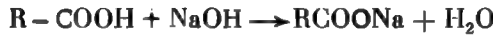
بعض الصفات المشتركة للحموض العضوية :

١ — محاليل الحموض العضوية ضعيفة الحموضة ، فهي تتأين كما في الحموض المعدنية لكن تأثيرها ضعيف :



وهي تحول لون عباد الشمس من الأزرق الى الأحمر وتغير محاليلها التيار الكهربائي .

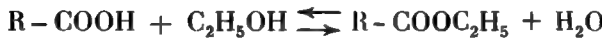
٢ — تتفاعل مع الأسس وتعطي أملاحاً وماء :



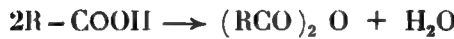
فالصوديوم حل محل هيدروجين الحمض .

٣ — تتفاعل مع الأغوال وتعطي استرات تمتاز بروائحها اللطيفة التي أشبه روائح

الثمار كما رأينا :



٤ — تفقد جزئياً من الماء وتعطي بلا مائات :



تعدد الوظيفة الحمضية :

تكرر الوظيفة الحمضية في بعض المركبات وتعطي حموضاً متعددة الوظيفة الحمضية

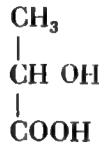
كحمض الحامض ثنائي الوظيفة الحمضية :



وحض المألون :



ملاحظة : كثيراً ما تجتمع الوظيفة الحمضية والوظيفة الفولية في مركب واحد كحمض اللابن .



حمض الخل

ان لحمض الخل أهمية كبيرة من الناحية العملية بالنسبة للحموض المضوية الاخرى .
لا يوجد حرراً في الطبيعة ولكن توجد أملاحه في عصارة كثير من النباتات وفي المرق .
والخل معروف منذ القديم ما هو الا محلول ممدد من حمض الخل بنسبة ٥٪ تقريباً ومواد ثانوية أخرى .

خواصه الفيزيائية :

حمض الخل النقي سائل بدون لون ذو رائحة واخزة ، يحدث حروقاً خطيرة في الجلد وهي أكثر خطورة من الحرق التي يحدثها حمض الكبريت وذلك لتأثيره الكاوي وهو يذب معظم المواد المضوية .

يغلي في الدرجة ١١٨°م ويتجمد في الدرجة ١٦٦°م بشكل بلورات تشبه بلورات الثلج لذلك يطلق عليه اسم حمض الخل الثلجي .

يتمزج بالماء بأية نسبة ، ويصحب هذا الامتزاج نقص في الحجم وارتفاع في درجة الحرارة ، ولحلول حمض الخل طعم حامض ولاذع .

خواصه الكيميائية :

١ - ان خواص حمض الخل كخواص الحموض بصورة عامة ، فمحلوله يمرر التيار الكهربائي ويقلب لون عباد الشمس من الازرق الى الاحمر .

١ - تأثير الاسس :

يتفاعل حمض الخل مع الاسس كما ان الصوديوم وماءات البوتاسيوم وماءات الكالسيوم ، ويمطي أملاحاً :

فاذا أضفت حمض الخل قطرة قطرة الى محلول الصودا الذي يحوي كاشف الفينول فتاثرين يتفاعل حمض الخل مع الصود ، ويبقى المحلول محافظاً على اللون الاحمر حتى يتفقد الصود بكامله فيزول اللون ، ويتشكل نتيجة التفاعل خلات الصوديوم وماء .



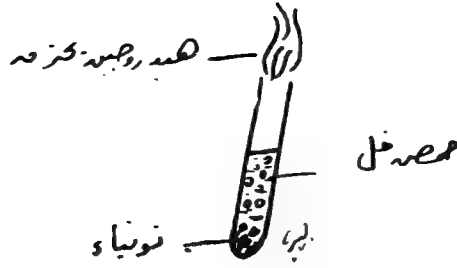
واذا سخنت محلول خلات الصوديوم ، يظهر بلورات خلات الصوديوم بعد تبخر الماء .

٣ - تأثيره في المعادن :

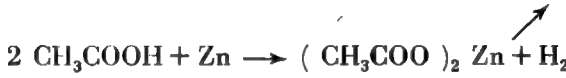
نجوبة : ضع قطعة من التوتياء النجاري في أنبوب اختباري يحوي على فايل من حمض الخل (شكل ٧) ، وتشاهد انطلاق فقاعات غازية ، قرب عود ثقاب مشتمل من فوهة الانبوب فيحترق الهيدروجين بلهب أزرق .

واذا أعيدت التجربة باستعمال الالمنيوم ، أو الحديد عوضاً عن التوتياء لحدث التفاعل وانطلق الهيدروجين في كل مرة .

تستنتج اذن حمض الخل يؤثر في بعض المعادن ويشكل أملاحاً وينطلق الهيدروجين كما في التوتياء .



شكل (٢٤) تأثير حمض الخل على التوتياء



ان املاح حمض الخل من الاملاح الهامة من الوجهة العملية فتستعمل خللات الصوديوم لتحضير الميثان ، و خللات الكالسيوم لتحضير الاسيتون ، و خللات النحاس في صناعة مادة ملونة خضراء ولعلاج بعض الامراض التي تصيب النباتات ، كما تستخدم كل من خللات الحديد والكروم والالمنيوم في الصناعة كمواد مثبثة للاصبغة .

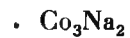
٤ - تأثيره في بعض الاملاح :

ان حمض الخل يؤثر في املاح المحوض التي هي اضعف من حمض الخل ، فمثلاً يؤثر في كربونات الكالسيوم وكربونات الصوديوم ، وثاني كربونات الصوديوم فيشكل املاحاً وينطلق غاز ثاني أكسيد الكربون .

تجربة : أضف قليلاً من حمض الخل الى محلول ثاني كربونات الصوديوم في انبوب اختبار تلاحظ حدوث فوران شديد ، فاذا فحمت الغاز الناتج بامراره في رائق الكلس تتأكد من ان الغاز المنطلق هو ثاني أكسيد الكربون بتعكيره لرائق الكلس .



ويحدث مثل هذا التفاعل مع كربونات الكالسيوم Co_3Ca وكربونات الصوديوم



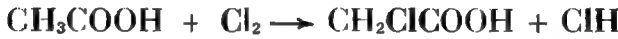
٥ — تأثيره في الاغوال :

تتفاعل الاغوال مع حمض الخل وتعطي استرات كما ذكرنا في بحث الاغوال . فمع غول الاتيل تتشكل خلاات الاتيل :



٦ — تفاعله مع الكروم والبروم :

يتفاعل حمض الخل مع كل من الكلور والبروم ، ويحدث تفاعلات هامة تستبدل فيها ذرات الهيدروجين في جذر المتيل بذرات الكلور أو البروم . فاذا مرر تيار من الكلور في حمض الخل الحاوي زهر الكبريت الذي يساعد على التفاعل اتشكل على الترتيب أحادي كلور حمض الخل وثنائي كلور حمض الخل وثلاثي كلور حمض الخل .



تمتاز مركبات الكلور الناتجة بأنها أكثر حموضة وفعالية من حمض الخل نفسه .

استحصاله :

عند البحث في استحصال حمض الخل يجب التمييز بين صناعة الخل الذي يحوي على حمض الخل الممدد الى جانب مواد اخرى ، وبين استحصال حمض الخل المركز .

١ — صناعة الخل :

اذا ترك النبيذ عرضة للهواء يتأكسد بتأثير خبيرة الخل المسماة ميكودرما أسيتي : mycoderma acety ، فهي تفرز أنزيمًا يلعب دور الوسيط في عملية التأكسد . وأنت تلاحظ الطبقة البيضاء التي تملأ الخل والتي يطلق عليها أم الخل ، وما هذه الطبقة الا

المستمرات التي حدثت من تكاثر خلايا خميرة الخل . وتم عملية التأكسد بتحول الفول الاتيلي الذي يوجد في النبيذ الى ألدهيد ثم الى حمض .



وفي الصناعة يستخدم النبيذ أو محلول الفول الذي يحوي على ٦٪ الى ١٠٪ منه، ولا يستعمل الفول النقي لانه وسط غير صالح لحياة الخميرة .

يرش المحلول الفولي من أعلى البراميل فيتساقط رذاذاً ويلامس النشارة ، وفي نفس الوقت يرسل تيار خفيف من الهواء من ثقوب في أسفل البراميل ، فيتأكسد الفول بوجود أكسجين الهواء والخميرة ويتحول السائل الى خل يجمع في أسفل البرميل . لكن العملية لم تتم أي أن الفول لم يتحول بكامله الى حمض الخل . لذلك يؤخذ السائل المتجمع ويمرر من جديد على نشارة الخشب ، وهكذا تتكرر العملية الى أن يتم التأكسد .

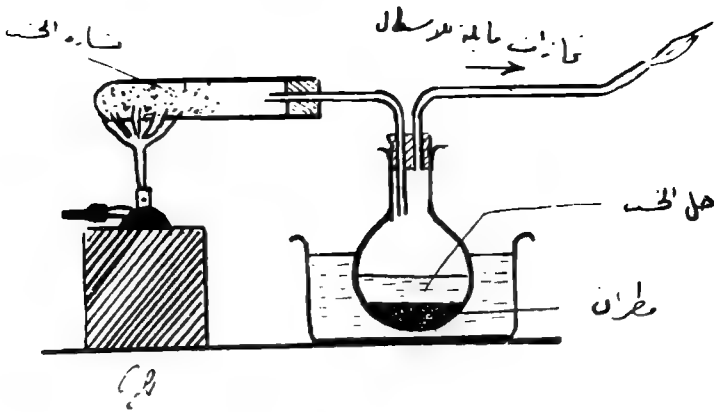
ويجب أن تتراوح درجة الحرارة أثناء عملية التخمر بين ٢٢° و ٢٥° م تقريباً كي يتم الجو الصالح للخميرة .

٢ - استحصال حمض اغل المركز :

أ - تقطير الخشب :

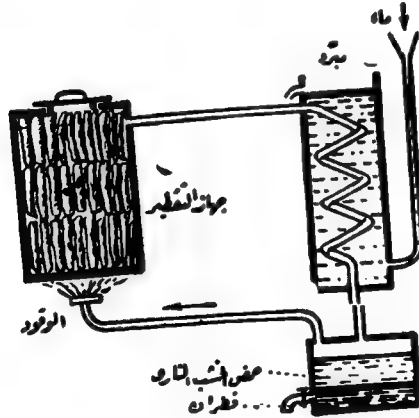
تجربة : سخن قليلاً من نشارة الخشب في انبوب اختبار مقلق بسدادة ينفذ منها انبوب انطلاق ينتهي الى حوضلة كما هو مبين في الشكل (٨) . وأحط الحوضلة بحوض ماء بارد . فبعد التسخين تلاحظ تكاثف القطران في أسفل الحوضلة وفوقه سائل يدعى بخن الخشب . كما تنطلق غازات يمكنك اشعلها .

إن خل الخشب يحوي ١٠٪ من حمض الخل و ٢٪ غول متيلي و ٠.٥٪ أسيتون . وفي الصناعة يقطر الخشب كما في التجربة السابقة بمزمل عن الهواء في معوجات كبيرة كما هو مبين في الشكل (٩) . ولستعمل الغازات الناتجة في تغذية موقد التسخين .



شكل (٢٥) تجربة تقطير الخشب

أما خل الخشب فيما مل بماءات الكالسيوم ، فيتحد حمض الخل مع ماءات الكالسيوم وبشكل خلات الكالسيوم . يستخرج حمض الخل من هذا الملح بتقطيره مع كمية كافية من حمض الكبريت فيتبخر حمض الخل وتبقى كبريتات الكالسيوم .
وحديثاً يقطر خل الخشب مباشرة في أجهزة خاصة بمد اضافة خلات البوتيل كمادة مذيبة . فيجرف خلات البوتيل الماء ويبقى حمض الخل النقي .

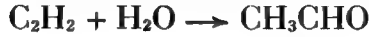


شكل (٢٦) - (٤١٣)

شكل (٢٦) تقطير الخشب في الصناعة

ب — من الاسيتيلين :

تعتمد هذه الطريقة على تفاعل الاسيتيلين مع الماء في الدرجة ٦٠°م وبوجود كبريتات الزئبق كوسيط يتشكل اسيت ألدهيد :



فيؤكسد الألدهيد الناتج بأكسجين الهواء في الدرجة ١٨٠°م وبوجود خلاص المنغنيز كوسيط ينتج حمض الخل النقي تقريباً .

استعمالاته :

يستعمل في تكوين املاح الهامة ، وفي تحضير الاسيتون ، وفي صناعة النيلة والحبر الصناعي والمطاط . ويستعمل كغذاء لبعض المواد العضوية .



الفصل الثالث

الاسترة والاماهة والتصبين

الاسترة والاماهة :

ان الاغوال تتفاعل كما رأيت مع المحوض العضوية وتعطي استرات تتميز برائحتها اللطيفة ، لذلك يدعى هذا النوع من النفاعلات بالاسترة للدلالة على تفاعل حمض عضوي مع غول :



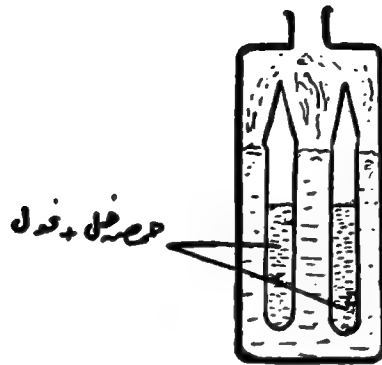
وهذا يؤثر حمض الخل على الغول الايتيلي ويعطي خلات الايتيل وماء :



يتبين لك من المعادلة أن جزئيء من حمض الخل يكفي للتفاعل مع جزئيء من الغول الايتيلي :

ولدراسة هذا التفاعل يوضع جزئيء غرامي من حمض الخل أي ٦٠ غ منه مع جزئيء غرامي من الغول الايتيلي أي ٤٦ غ منه في اقبوب اختبار ، ثم يطلق هذا الانبوب بسرعة . وتحضر أنابيب عديدة على شاكلة الانبوب الاول ثم تسخن في نفس الوسط . كي تبقى

شروط التفاعل واحدة في جميع الانابيب شكل (١) ويؤخذ في فترات زمنية متتالية انبوب من هذه الانابيب وتعين كمية الحمض المتفاعلة وبذلك تتمكن معرفة كمية الغول المتفاعلة بنسبة ثلاثية بسيطة .



شكل (٢٧) دراسة الاسترة

وقد بينت التجارب المعديدة ان ٢٠.٣٦ فقط من الغول الاتيلي اي ٦٦٪ منه تستهلك في التفاعل مها طال الزمن ويبقى أخيراً في الانابيب غول الاتيل وحمض الخل الى جانب خلاات الاتيل والماء ، ولو أعيدت التجارب في درجات مختلفة من الحرارة لما تغيرت كمية الغول المتفاعلة لذلك يقال :

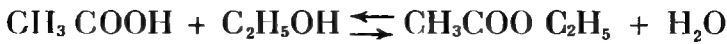
ان تفاعل الاسترة جزئي اي ينهي التفاعل ولا تستهلك المواد الداخلة في التفاعل كلها ، ولا تتوقف كمية الغول المتفاعلة على درجة الحرارة .

وبينت التجارب بالاضافة الى ذلك ان التفاعل بطيء وتتناقص سرعته بازدياد الزمن حتى تنعدم ، وتزداد بارتفاع درجة الحرارة وازدياد قوة الحمض ، او وجود وسيط كحمض كلور الماء .

فما هو السبب في كون تفاعل الاسترة جزئياً ؟

السبب هو ان الاستر لا يبقى بجانب الماء دون ان يتفاعل معه ويمطي من جديد غولا وحمضاً وهذا ما يحول دون التفاعل الكلي ويقال ان تفاعل الاسترة هو تفاعل معكوس

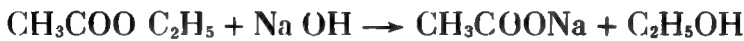
اي قابل للرجوع من اليمين الى اليسار في نفس الشروط . لذلك يكتب تفاعل الاسترة
لحمض الخل بالشكل التالي :



فالسهم يدلان على ان التفاعل يجري في الاتجاهين على السواء .
والتفاعل المعاكس للاسترة يدعى بالامهة اللدالة على تحليل الماء للاسترة وتشكل
الفول والحمض وهذا التفاعل بطيء . وجزئي ايضاً كما في الاسترة .
ويمكن السيطرة على اتجاه التفاعل بازاحة أحد الاجسام الناتجة كاضافة حمض
الكبريت المركز الذي يمتص الماء في تفاعل الاسترة .

التصبن :

اذا سخن مزيج من خلاات الاتيل وماءات الصوديوم ، ينتج غول الاتيل
وخلاات الصوديوم .



فالاستر يعطي مع الاساس ملحاً وغولا . يدعى هذا التفاعل بالتصبن للدلالة على تفاعل
استر مع قلوي .



ان هذا التفاعل بطيء . وكلتي اي ان التفاعل لا يتوقف الا بانتهاء احد الجسمين المتفاعلين .
والملاح الناتج لا يتفاعل مع الفول اذن فالتفاعل غير معكوس .
وللتصبن اهمية كبرى في الصناعة اذ تستند عليه صناعة الصابون .

صناعة الصابون

المواد الدسمة :

تبين بالتحليل الدقيق المواد الدسمة انها تتألف من مزيج من أجسام مركبة قليلة العدد أهمها الزيتين ، والنخلين ، والشمعين ، والزبدین ، وهذه الاجسام عبارة عن استرات حادثة من اتحاد حمض مع غول .

والحلوين $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CHOH} - \text{CH}_2\text{OH}$ هو الفول الذي يشترك في تركيب استرات المواد الدسمة كلها . أما الحموض فتختلف بحسب المادة نذكر منها حمض الزيت $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ حمض النخل $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ ، حمض الشمع $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$. حمض الزبدة $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}$.

صناعة الصابون :

اذا عوملت الاجسام الدسمة بمحلول قلوي كالصود أو البوتاس تنتج أملاح الصوديوم أو البوتاسيوم للحموض الدسمة الى جانب الحلوين . والتفاعل الحادث هو تفاعل تصبن مادة دسمة (استرات) + قلوي \rightarrow أملاح + حلوين .

فلو أجريت التجربة على النخلين لتشكلت نخلات الصوديوم الى جانب الحلوين :

نخلين + صود \rightarrow نخلات الصوديوم + حلوين

لكن المادة الدسمة تتكون من مزيج من الاسترات كما ذكرنا . فزيت الزيتون الذي يحوي مثلاً على الزيتين والنخلين والشمعين اذا تصبن ينتج مزيج من الاملاح تؤلف المادة التي ندعوها الصابون .

ففي الصناعة تسخن المواد الدسمة كالزيوت أو الدهون مع محلول الصود وبحرك المزيج باستمرار . وبعد بضع ساعات يحصل سائل متجانس يتألف من الصابون والحلوين .

يضاف محلول كلور الصوديوم لفصل الصابون عن المحلول ، ويترك مدة من الزمن ، فيطفو الصابون على وجه السائل لمدم ذوبانه في الماء المالح . يفصل الصابون ويضغط في القوالب ويجفف .

والحصول على الحلوين يقطر المزيج الباقي تحت ضغط منخفض لأن الحلوين لا يتحمل درجات الحرارة العالية :

ان الاجسام الدسمة المستعملة في الصناعة هي : زيت الزيتون الرديء وزيت السمسم والقطن والنخل وجور الهند .

ويصنع الصابون اللين بتصين المواد الدسمة بمحلول البوتاس . ولما كان صابون البوتاس ينحل في الماء المالح فلا يمكن فصله عن الحلوين . ولذلك تشوبه كثير من الشوائب التي تلونه باللون الاخضر أو الاسود .

يضاف احيانا عند صنع الصابون مواد لفشه وزيادة وزنه كالنشا ومسحوق الطباشير . كما تضاف كربونات الصوديوم لمساعدة الصابون على التنظيف ، والمواد المطرية لاكسابه رائحة لطيفة ، والفنول للتطهير .

استعمالات الصابون :

يستعمل الصابون في التنظيف لازالة الاوساخ التي لا تذوب في الماء كالمواد الدهنية والبقع الناتجة عن بعض الفاكهة والقهوة والشاي .

وبعد دراسة خواص الصابون تبين أنه يمكن تركيب مواد أخرى لا يعتمد في صنعها على حادئة النصين ، تفعل فعل الصابون في التنظيف كالنابذ والاومو . لذلك بدأت صناعة الصابون في التدهور لتحل مكانها المركبات المنظفة الجديدة .

* * *

الفصل الرابع

النشا والسلولوز

١ — النشا

٢ — السلولوز

٣ — الصناعات السلولوزية

مقدمة :

ينتمي كل من النشا والسلولوز الى طائفة من المركبات تدعى بالمائيات الكربونية ، لانها تحوي الى جانب الكربون عنصري الهيدروجين والاكسجين بنسبة معينة هي نفس نسبتها في الماء ، وكل منها مركب مضاعف لم يعرف حتى الآن وزنه الجزيئي بالرغم من معرفة نسبة كل من الكربون والهيدروجين والاكسجين التي هي واحدة في كل منها . وتمثل الصيغة البسيطة بالشكل $C_6H_{10}O_5$. انما هذه الصيغة لا تعبر عن خواصها الكيميائية جميعها ، لذا يعتمد الى تمثيل النشا بالصيغة المضاعفة $m(C_6H_{10}O_5)$ ؛ والى تمثيل السلولوز بالصيغة المضاعفة $n(C_6H_{10}O_5)$ ، وبدل كل من الحرفين m و n على عدد تام لم يعين بمد .

النشا : $(C_6H_{10}O_5)_m$

وجوده في الطبيعة :

يوجد النشا في كثير من النباتات على شكل مدخرات غذائية في الحبوب كالقمح والشمير والرز ، وفي البقول كالفاصولياء ، والبازلاء ، والبقول ، والعدس ، وفي الجذور الدرنية كالبطاطا ، وفي الثمار كالkestna ، وتدخر هذه النباتات نتيجة لقيامها بعملية التمثيل اليخضوري .

خواصه الفيزيائية :

النشا مادة بيضاء اللون توجد على شكل مسحوق ناعم أو قطع هشة غير منتظمة وتتكون في الحائتين من حبيبات دقيقة تظهر تحت المجهر إما دائرية أو بيضوية ، بحسب مصدرها . لا يذوب النشا في الماء البارد ، ولكنه اذا سخن تنتفخ حبيباته وتنفجر ، فيتكون محلول غير شفاف يتحول الى كتلة هلامية عندما يبرد تدعى بمطبوخ النشا .

خواصه الكيميائية :

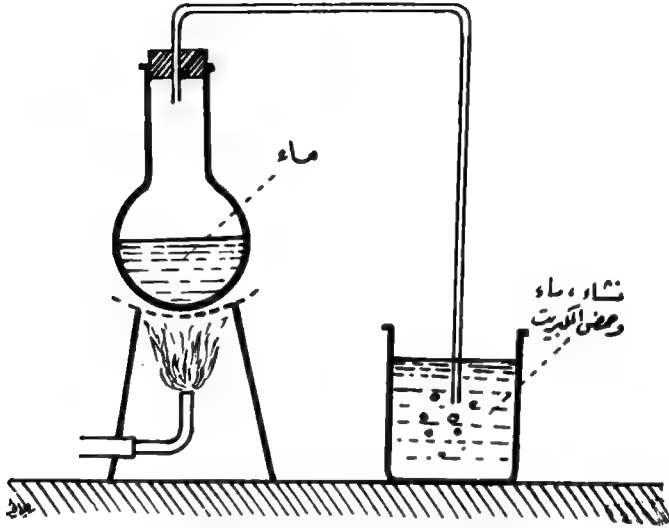
١ - تأثير الحرارة :

تجربة : سخن قليلا من النشا في انبوب اختبار كشاهد أنه يصفر ثم يسمرم ثم يصود احتماله الى فحم وقطران يبقيان في الانبوب والى بخار الماء وغازات قابلة للاشتعال .

٢ - تأثير اليود :

تجربة : ضع هلام النشا الممددة بكثير من الماء في انبوب اختبار وعالجها بقطرات من محلول اليود ، كشاهد حالاً تلون السائل باللون الازرق الغامق ، سخن الانبوب بهـ ذلك ولاحظ زوال اللون ثم ظهوره من جديد اذا تركته يبرد .

يلبت النشا في الماء بصورة جزئية بوجود أحد المحوض الخففة التي تقوم بدور الوسيط
ويتحول الى سكر العنب والذي هو سكر بسيط :



شكل (٦٣) استحضار الفيليكوز

شكل (١١) اماهة النشا .



تعوبة : اضع قليلا من النشا الى الماء وحركه ثم ضع فيه بضع قطرات من محلول حمض الكبريت ، ثم سخن المزيج بتيار من بخار الماء كما هو مبين في الشكل (١١) ، وبمد التسخين ، خذ من السائل وتأكد من تحول النشا الى سكر العنب بمحلول فهلنغ الذي يكون راسباً آجريا مع سكر العنب ولا يكون راسباً مع النشا .

و يتم تحول النشا الى سكر العنب أيضاً في الدرجة العادية من الحرارة بتأثير بعض الحماز المنحلة ، ففي حبات الشعير المستتبنة مثلاً تتكون حمائر منحلة تحول النشا المدخر فيها

الى سكر بسيط أيضاً ، وتحوي العصارات الهضمية على خمائر منحلة تؤثر في النشا وتحوله الى سكر أيضاً كالبتيالين في اللعاب ، والأميلاز الذي تفرزه البنكرياس في الامعاء .

ومن هنا يتضح لك أن النشا من الأغذية المفيدة ، لذلك كانت المواد الغذائية النشوية هامة لأنها تتحول الى سكر بسيط يحترق في الانسجة ، ويولد حرارة تمكن الانسان [من القيام بوظائفه الحيوية .

استحصله :

تطحن الحبوب ، أو تقطع البطاطا ، لتحطيم الخلايا الحاوية على النشا ، ويمرر عليها تيار من الماء ، فيحمل معه حبيبات النشا ويجرفها ، ثم تصفى هذه المياه من مناخل دقيقة تسمح لذرات النشا من المرور خلالها ، وتفصل أجزاء النبات ، وبعد ذلك ترسب حبيبات النشا وتجفف بالهواء الساخن .

استعمالاته :

للنشا استعمالات عديدة في الصناعة ، فيستخدم لاستحصال سكر العنب والفول ، وفي صنع الجملة (البيرة) وصقل الاقشة والاثياب . ولصق الورق .

٢ — السلولوز $(C_6H_{10}O_5)_n$

وجوده في الطبيعة :

السلولوز منتشر جداً في الطبيعة فهو المادة التي يتألف منها غشاء المادة النباتية لا سيما اذا كانت قلبية ، وعندما ينمو النبات تنضم الى السلولوز مواد عضوية ومعدنية أخرى ، فيقسم هذا الغشاء ويؤلف حينئذ الخشب واللبن وغيرها ، ويتألف القطن ونخاع البيلسان وورق الترشيع من السلولوز التي تقريباً .

خواصه الفيزيائية :

السلولوز صلب أبيض ، لا طعم له ولا رائحة ، لا ينحل في الماء ولا في المذيبات

المعروفة كالغول والانيير والبززين ، وكذلك لايتأثر بحاليل المواد الكيميائية لذلك يستعمل في صناعة ورق الترشيح .

ينحل السلولوز في سائل شويتزر Schwitzer وهو محلول ماءات النحاس النشادرى ويمكن ترسيب السلولوز من المحلول بتعديل النشادر بمحلول حمض كلور الممدد ، فيرسب السلولوز على هيئة مادة هلامية ، ويستفاد من هذه الخاصة في صناعة الحرير الصناعي .
ويمكن اذابة السلولوز في محلول مكون من حمض كلور الماء ، ومحلول كلور التوتياء بنسبة ٢ الى ١ على أن يكون محلول التوتياء بنسبة ٦٠ ٪ .

خواصه الكيميائية :

١ - تأثير الحرارة :

يحترق السلولوز بعلامسة اللهب ، وينتج عن الاحتراق غاز ثاني أكسيد الكربون وماء ، واذا سخن السلولوز في انبوب اختبار يتحلل الى غازات قابلة للاشتعال وتبقى كتلة كربونية .

٢ - تأثير القلويات :

لا تؤثر القلويات الممددة على السلولوز بالتسخين ، لذلك نستعمل كربونات الصوديوم في غسيل الثياب دون أن يصيبها أي ضرر .
لكن محلول القلويات المركزة كماءات الصوديوم بنسبة ١٢ ٪ يؤثر على الالياف السلولوزية فتتفخ وتزداد مقاومتها وتصبح لامة كالحرير .

٣ - الاماهة :

يتحول السلولوز بتأثير الماء الى سكر بسيط بوجود حمض كلور الماء الممدد أو حمض الكبريت الممدد كوسيط .

تجربة : اسحق قطعة من القطن التنظيف في هاون صيني مع حمض الكبريت

الكثيف فتشاهد ان قطعة القطن تزول ، وينتج سائل كثيف يقوام الشراب ، صب هذا السائل في الماء ، واغله خلال بضع دقائق فيحصل معك محلول من سكر العنب ، فلو عاجلت عينة منه بالصبود لتعديل الحمض ثم بمحلول فهلنغ على الحرارة لحصل معك راسب آجري من أكسيد النحاسي :

فحمض الكبريت اذ يساعد على تحول السلولوز الى سكر العنب بالاماهة :



يستفاد من هذا التفاعل لاستحصال سكر العنب من الخرق البالية ومن نشارة الخشب وما ينتج عن هذه الصناعة يسمى سكر الخشب ، وباختاره يحضر الفول الاتيلي الذي يدعى بفول الخشب .

٤ - تأثير المحوض :

أ - حمض الكبريت :

اذا غمس ورق الترشيع في حمض الكبريت المخفف بنسبة حجمين من الحمض المركز وحجم من الماء يتحول لونه الى السمرة ، كما يصبح صلباً وقاسياً . وبعد ذلك يفصل بالماء لازالة الحمض ويجفف فيتحول الى ورق شفاف يسمى بورق بارشمان Parchemin أو الرق النباتي .

ب - حمض الآزوت :

يتأثر السلولوز بحمض الآزوت المركز ، أو بمزيج من حمض الآزوت وحمض الكبريت ويمطي مركبات النتروسولولوز وهي احادي النتروسولولوز وثنائي النتروسولولوز وثلاثي النتروسولولوز وهي من المركبات الهامة جداً في الصناعة .

ج - حمض الغل :

بؤثر حمض الغل على السلولوز وتتكون خلاات السلولوز التي تستعمل في بعض انواع

الحرير الصناعي كما تستعمل بصورة خاصة في صناعة اشرطة السينما .

استحصاله :

يستحصل السلولوز النقي من ورق الترشيع او من القطن الذي يحوي ٩٠ ٪ تقريباً من السلولوز ، تفصل هذه الاجسام بالغول والاتيتر لازالة المواد الدسمة المعلقة بها ، ثم تعالج على التوالي بمحاليل ممددة وساخنة من الحمض والقلوي للتخلص من المواد الراتنجية ، وبعد غسلها جيداً بالماء ينتج السلولوز النقي بشكل كتل بيضاء تتألف من الياف طويلة جوفاء .

٣ - الصناعات السلولوزية

قطن البارود :

ينظف القطن جيداً لازالة المواد الدسمة والمواد غير السلولوزية ، ثم يغمر بمزيج يتألف من جزئين من حمض الكبريت الكثيف وجزء من حمض الآزوت ويترك لمدة ساعتين ونصف فينجد السلولوز مع حمض الآزوت ويتشكل ثالث نيتروسلولوز الذي يدعى بقطن البارود .

ان لقطن البارود مظهر القطن المادي لكن خواصها مختلفة كل الاختلاف ، فهو أنعم ملمساً واذا اشعل في الهواء يحترق بسرعة كبيرة ولكن ليست بالسرعة التي تسبب الانفجار .

واذا وضعت قطعة صغيرة منه في انبوب اختبار وسد الانبوب بسدادة وسخن الى الدرجة ١٢٠°م يحدث انفجار شديد تطير معه السدادة بعيداً عن الانبوب ، وأذا ضغط في حيز صغير انفجر بالصدم انفجاراً عنيفاً اذ يتحلل فجأة معطياً حجماً كبيراً من الغازات وهي الآزوت وأكاسيد الكربون وبخار الماء ، ولما كانت هذه الغازات كلها عديمة اللون فان قطن البارود ينفجر دون ان ينتج عن ذلك دخان .

وقطن البارود كمنفجر يمتاز بصفة هامة وهي انه يمكن استعماله رطباً بنسبة ١٠ ٪ من الرطوبة وهو لا يشتمل اذا قرب منه لهب ، ولكن اذا تعرض لصدمة فولمينات الزئبق فانه ينفجر كما لو كان جافاً ، ولهذا فان الالغام البحرية تملاً بأسطوانات من قطن البارود الرطب .

ويعزى الفتك الذريع لقطن البارود الى السرعة التي يتحلل بها . فمثلا يلزم لكمية من البارود حوالي $\frac{1}{100}$ من الثانية كي تحترق احتراماً تاماً ، فان نفس الوزن من قطن البارود يتحلل في $\frac{1}{10000}$ من الثانية .

الكولوديون :

يستحصل بمعاملة القطن بمزيج مؤلف من جزء من حمض الآزوت الممدد وجزئين من حمض الكبريت الممدد ايضاً . ثم يفسل ويحفف فيحصل ثنائي النتروسولوز المسمى بقطن الكولوديون الذي يذاب في مزيج من الغول والاتير فيتكون سائل بقوام الشراب يسمى الكولوديون .

السلولويد :

بتسخين قطن الكولوديون في مزيج من الغول والكافور يتحول الى مادة صلبة شفافة مرنة في الدرجة العادية من الحرارة ولينة في الدرجة ٨٠ °م تدعى بالسلولويد ، وهذه المادة لا تتأثر بالماء ويمكن صبها في قوالب ونشرها كالخشب كما يمكن صقلها . وقد تضاف الى عجنتها صبغة ألونها باللون المطلوب . وهي كثيرة الاستعمال فتصنع منها الامشاط والازرار والاعلام السيمة ويقلد بها العاج والاختشاب الثمينة . ولكن استعمال هذه المادة خطر لانها سريعة الانهاب .

الحوير الصناعي :

أ — حوير النتروسلولوز (حوير شاردونيه : Chardonnat) .
يؤخذ محلول الكولوديون ويسحب بالضغط من أنابيب زجاجية ضيقة جداً . ثم يبخر المذيب في تيار من الهواء الساخن . ويخيط النتروسلولوز الحاصلة تشتعل بسرعة لذلك

تزال النترجة لاعادة السلولوز . ويتم ذلك بمرار الخيوط في محلول كبريت الكالسيوم وهذه الطريقة هي اول طريقة عرفت في صناعة الحرير الصناعي عام ١٨٨٩ .

ب - الفيسكوز : Viscose

يعامل السلولوز بمحلول الصود الكاوي الكثيف ثم محلول ثاني كبريت الكربون ، فيحصل سائل غليظ القوام يدفع خلال ثقب ضيقة في حمام يحتوي على حمض الكبريت وكبريتات الصوديوم ، ويضاف اليه احياناً قليل من كبريتات التوتياء وسكر العنب . ونحصل بذلك على خيوط الحرير الصناعي . ان الحرير الصناعي أرخص كثيراً من الحرير الطبيعي وفي متناول كثير من الناس .

ج - خلات السلولوز :

يكون السلولوز مع حمض الخلل انواعاً من خلات السلولوز تقوم مقام السلولويد وتمتاز عنه بعدم احتراقها لذلك فهي غالية الثمن تستعمل بصورة خاصة لصنع اشرطة السينما غير القابلة للاحتراق ، وفي صناعة الزجاج الذي يقاوم الكسر وصناعة الطلاء الامع .

صناعة الورق :

كانت صناعة الورق قبل مائة عام تقريباً تستند الى استعمال الخرق البالية القطنية والكتانية لانها تحوي على سلولوز نقي تقريباً . لكن احتياج المجتمع الى الثقافة والاطلاع حفز الكيميائيين الى استخلاص السلولوز من مصادر اخرى غير نقية كالخشب والحشائش والقش .

ففي الحالة الاولى تنظف الخرق القطنية او الكتانية ، وتغلى في محلول قلوي ، ثم تنمر في الماء وتمزق بالآلات ميكانيكية حتى تصبح كالمعجن .

وفي الحالة الثانية يقطع الخشب مثلاً الى قطع صغيرة ويسخن في اناء مطلق مع محلول ثاني كبريتيت الكالسيوم ، فتتحلل جميع المواد المؤلفة للخشب ما عدا السلولوز وتتحصل بذلك عجينة تسمى بلب الخشب .

والمراحل الباقية تتم بنفس الطريقة في الحالتين . فتقصر عجينة الورق بالكlor أو أي مادة قاصرة أخرى . ويضاف إليها محلول الشب وراتنجيات الصوديوم كي ترتبط الالياف مع بعضها وتمنع الحبر من الانتشار . ويستثنى عن اضافة هذه المحاليل في صناعة ورق النشاف أو ورق الترشيح . ويضاف أحياناً الجص الى العجينة للحصول على ورق متين ، وبعض الاصبغة للحصول على الورق الملون .

وبعد تحضير العجينة على هذا الشكل تمرر بشكل منتظم فوق شبك معدني طويل يتحرك بحركة اهتزازية ، فنفذ الماء على الثقوب ، وتشبك الالياف الباقية مع بعضها . ثم تمرر بين اسطوانتين مكسوتين بالاباد لضغطها وفصل الماء الزائد ، ويجفف لورق بعد ذلك بضغطة بين اسطوانتين ساختين ثم يمرر في منشف حتى يتم جفافه .

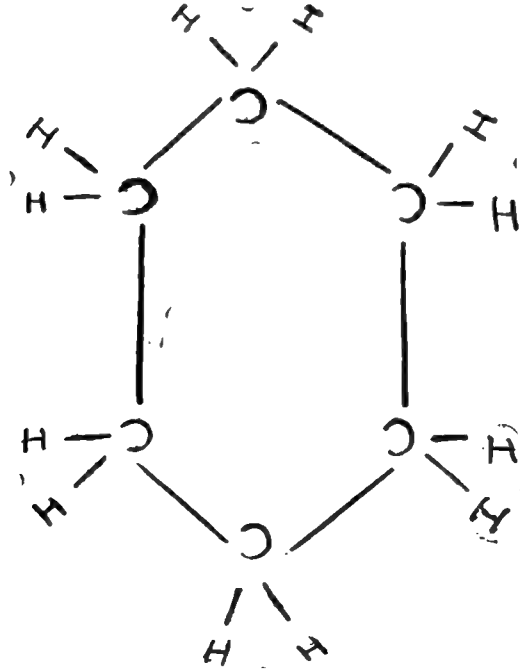
واذا غمس الورق لمدة قصيرة في محلول حمض الكبريت المركز ، فان السلولوز يتحول الى كتلة هلامية تسد مسام الورق ، فاذا غسلت جيداً تتحول الى مادة غير مسامية تشبه جلد الحيوانات . ويمكن تحضير مثل هذا الورق ايضاً بغمس الورق في محلول كلور النوتياء وبضغطة عدد من هذه الاوراق نحصل على ايف مقاوم يستعمل في صناعة حقائب السفر والمواد العازلة في الكهرباء . ويدعى في الاسواق باسم فيبر Fibre .

الفصل الخامس

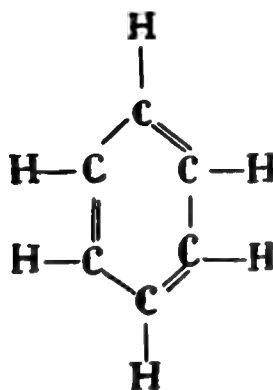
البنزين C_6H_6

صيفته :

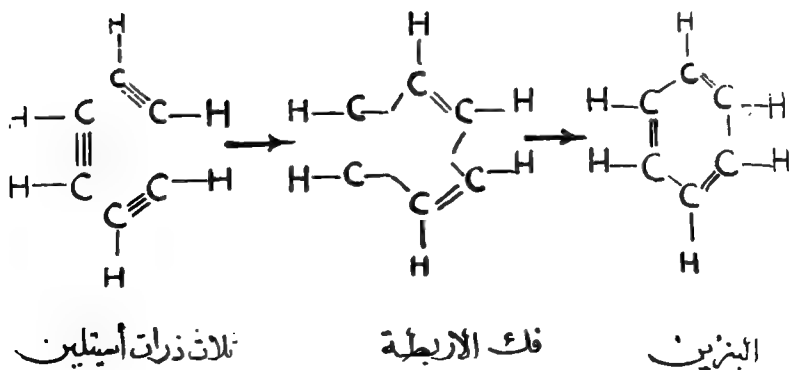
لقد درسنا في بحث السلاسل أن هناك طائفة من المركبات العضوية تتصل فيها ذرات الكربون بشكل سلسلة مغلقة او مفتوحة . فالى أية فئة من الفئتين ينتمي البنزين ؟ لا يمكن الاجابة على هذا السؤال الا بالاطلاع على نتائج التفاعلات التي يقوم بها . فالبنزين لا ينتمي الى المركبات الكربونية المشبعة ، لانه بالتسخين الى الدرجة $200^{\circ}C$ ووجود وسيط كسحق النيكل يضم ست ذرات من الهيدروجين دفعة واحدة وينتج مركباً جديداً مشبعاً بالهيدروجين صيفته C_6H_{12} . لا يمكن لهذا المركب ان يكون بشكل سلسلة مفتوحة لان الجزء منه يحوي على ١٢ ذرة من الهيدروجين بدلاً من ١٤ ذرة ، لذلك وضعت لهذا المركب صيغة بشكل سلسلة مغلقة كما يلي :



وبالتالي يجب ان توضع صيغة البنزين ايضاً بشكل سلسلة مغلقة سداسية . وهذا ما أدى
 بالعالم كيكولة Kekulé عام ١٨٦٥ إلى كتابة صيغة البنزين بالشكل التالي :



فالسلسلة البنزينية المغلقة تحوي على ثلاثة روابط بسيطة وثلاثة روابط مضاعفة بالتناوب
 تفسر تفاعلات الضم . وهذه السلسلة التي تحوي على ست ذرات من الكربون تدخل في بنية
 كثير من المركبات العضوية الهامة لذلك نطلق عليها اسم النواة البنزينية .
 وان تشكل البنزين من ثلاثة جزيئات من الاستيلين بدرجة ٥٠٠° تؤيد الصيغة
 المذكورة .



خواصه الفيزيائية :

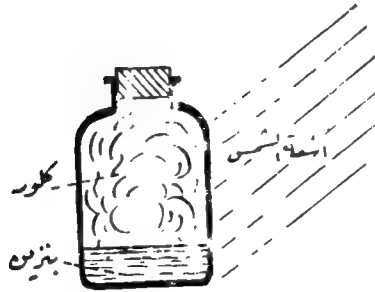
البنزين سائل عديم اللون ، له رائحة قوية . يغلي في الدرجة 80°C ويتبلور في الدرجة 44°C . سريع التطاير لذلك يلتهب بسهولة ، فيجب الابتعاد عن اللهب عند الاشتعال بالبنزين كثافة أبخرته 2.7 و كثافة سائله 0.9 فهو أخف من الماء .

لا يذوب في الماء ، لكنه من المذيبات الهامة ، فهو يذيب اليود والكبريت والفسفور ، كما يذيب كثيراً من المواد العضوية كالأزوت والدهون والمطاط ، لذلك يستعمل في التنظيف وفي لصق الاجسام المصنوعة من المطاط .

خواصه الكيميائية :

١ - تأثير الأكسجين :

إذا كانت كمية الأكسجين غير كافية يحترق البنزين بلهب مدخن ، أما إذا كانت كمية الأكسجين كافية احترق احتراقاً تاماً منتجاً غاز ثاني أكسيد الكربون وماء .



تفاعل الضم بين الكلور والبنزين

شكل (٥٣)

(شكل ٢٩) ضم البنزين للكلور

فاذا مزجت ابخرة البنزين بكمية من الهواء اللازمة لاحتراقها تشكل مزيج ينفجر بعلامسة الالهب أو الشرارة الكهربائية . لذلك يستعمل في المحركات الانفجارية .

٢ - تفاعلات الضم :

ذكرنا في بدء البحث كيف ان البنزين يضم ست ذرات من الهيدروجين في شروط مناسبة . كذلك يضم البنزين ست ذرات من الكلور كما في التجربة التالية :

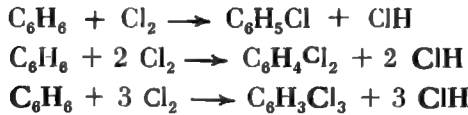
تؤخذ زجاجة مملوءة بغاز الكلور ويصب فيها قليل من البنزين ، ثم تسد وتعرض لاشعة الشمس (شكل ٢٩) ، فيلاحظ مباشرة ظهور ابخرة بيضاء تتوضع على جوانب الزجاجة هي بلورات البنزين سداسي الكلور $C_6H_6Cl_6$.

٣ - تفاعلات المبادلة :

١ - تأثير الكلور :

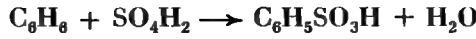
اذا تغيرت شروط التجربة عند تأثير الكلور على البنزين ، كما مرار تيار من الكلور في البنزين السائل بوجود وسيط كاليود ، وفي الدرجة العادية من الحرارة يتشكل أحادي كلور البنزين C_6H_5Cl واذا استبدل اليود بكلور الألمنيوم يحصل بالتسخين الى الدرجة $80^{\circ}C$ م سادس كلور البنزين C_6Cl_6 .

وهكذا يمكن الحصول على المشتقات الكلورية المختلفة للبنزين بحسب نوع الوسيط ودرجة الحرارة :



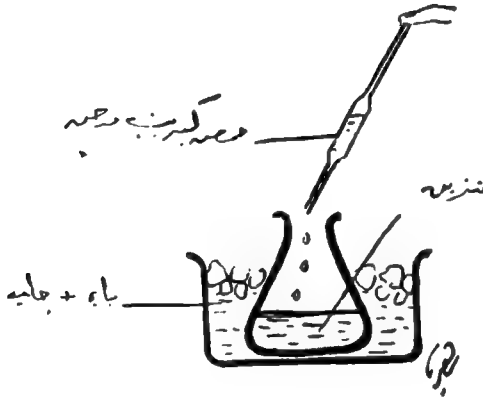
ب - تأثير حمض الكبريت :

تحصل المبادلة ايضاً في تفاعل حمض الكبريت المدخن مع البنزين فينتج حمض البنزين أحادي السلفون .



ان التفاعل الذي يؤدي الى ادخال جذر السلفون SO_3H — كما في التفاعل السابق يدعى بالسلفنة . لاحظ ان جذر السلفون حل مكان ذرة هيدروجين من البنزين ، ويمكن ان تستمر المبادلة فيحصل البنزين الثنائي السلفون بحسب شروط التجربة .

تجربة : صب حمض الكبريت المدخن قطرة قطرة فوق البنزين المبرد بمزيج من الماء والجليد ، (شكل ١٣) فيتشكل في هذه الظروف البنزين أحادي السلفون $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}$. أ كشف عن المركب الناتج بإضافة محلول كلور الصوديوم المشبع ولاحظ الزاسب المتكون . واذا أعيدت التجربة في الدرجة 170°C يحصل المشتق البنزيني الثنائي السلفون



(شكل ٣٠) سلفنة البنزين

$\text{C}_6\text{H}_4(\text{SO}_3\text{H})_2$. وبوجود بلاماء الفسفور P_2O_5 يتشكل المشتق الثلاثي السلفون
 $\text{C}_6\text{H}_3(\text{SO}_3\text{H})_3$.

ان المشتقات السلفونية هامة جداً اذ تستعمل في تحضير الفنول ، ويستخدم بعضها كمواد منظفة عوضاً عن الصابون .

ج - تأثير حمض الآزوت :

نجربة : ضع في انبوب اختبار جاف حوالي $\frac{1}{4}$ سم من البنزين ثم أضف باحتراص حوالي

٣ سم من مزيج حمض الكبريت المركز وحمض الآزوت المركز بمقدار حجمين متساويين رج الانبوب جيداً مع الاحتراص الشديد ، سخن مع الاستمرار في الرج - حتى يقف انصاعد البخار النارية ، برد الانبوب واسكب محتوياته على قليل من الماء في أنبوب آخر ، تلاحظ انفصال سائل أصفر زيتي القوام له رائحة تشبه رائحة اللوز المر الذي يدعى بعطر الميربان .
تفاعل في التجربة السابقة حمض الآزوت مع البنزين وتشكل أحادي النترو بنزين كما في المعادلة :



ان جذر النترو NO_2 — حل محله ذرة هيدروجين من البنزين وحدث تفاعل يدعى بالنتيجة ، وقد ساعد حمض الكبريت المركز في التفاعل على هذا الشكل بامتصاصه الماء الناتج :
ويمكن أن يتشكل أيضاً ثنائي النترو بنزين $\text{C}_6\text{H}_4(\text{NO}_2)_2$ وثلاثي النترو بنزين $\text{C}_6\text{H}_3(\text{NO}_2)_3$ وهو من المتفجرات القوية .

استحصاله :

يلجأ في الصناعة الى استحصل البنزين من نواتج تقطير الفحم الحجري تقطيراً اتلافياً اي بتسخينه بمزل عن الهواء الى الدرجة 1000°C تقريباً فينتج عن التقطير الى جانب غاز الاستصباح وفحم الكوك سائل لزج يدعى قطران الفحم ، وكل طن من الفحم الحجري يعطي ٦٠ الى ٧٠ كغ من القطران .

يقطر القطران فينتج في الدرجات المختلفة من الحرارة الاجسام التالية :

من 80°C — 150°C متقطر الزيوت الخفيفة .

من 150°C — 210°C متقطر الزيوت المتوسطة .

من $^{\circ}210$ - $^{\circ}280$ م تنقطر الزيوت الثقيلة .

وتبقى مادة سوداء هي القار تستعمل في تعبيد الطرقات .

أما الزيوت الخفيفة فتحتوي على البنزين بنسبة كبيرة الى جانب مواد أخرى ، تعامل هذه الزيوت بمحلول الصود الكاوي ومحلول حمض الكبريت فينفصل مزيج من مركبات الكربون الهيدروجينية ويطفو على سطح السائل فيفصل . يحوي هذا المزيج على البنزين والتولوين والكسيلين وبدءى بالنزول .

يقطر النزول تقطيراً مجزأ ، فينفصل البنزين عن مرافقه لانه يغلي في الدرجة $^{\circ}80$ م بينما يغلي التولوين في الدرجة $^{\circ}140$ م .

ان كل طن من الفحم الحجري يعطي بالتقطير حوالي ١٠٠ غ من البنزين .



الفصل السادس

الفنول

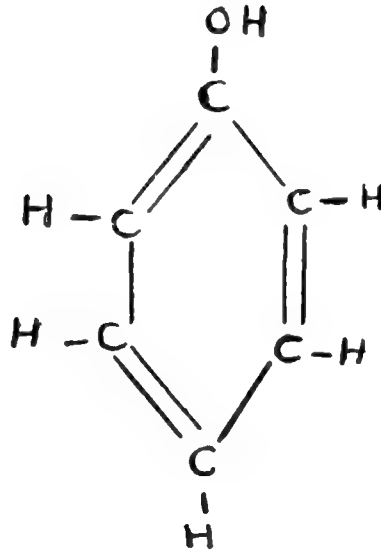
١ - الفنول .

٢ - صناعة اللدائن .

١ - الفنول C_6H_5OH

صيفته :

تنتج صيغة الفنول من صيغة البنزين باستبدال ذرة هيدروجين بجذر أكسدريلي OH — لذلك فهو يشبه البنزين في بعض تفاعلاته لا تتواءم على النواة البنزينية ، والبك صيفته المفصلة :



خواصه الفيزيائية :

الفنول جسم صلب متبلور . لالون له ويصبح بلون رمادي بتماس الهواء ، له رائحة قوية ، ينصهر في الدرجة ٤٣°م ويغلي في الدرجة ١٨٠°م .

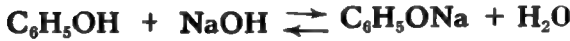
يذوب الفنول بالماء لكنه اكثر ذوباناً في الفول ، وهو من الاجسام الكاوية جداً يؤثر على الجلد ويجعله أبيض .

يقتل الجراثيم لذلك يستعمل محلوله بنسبة ٣٪ كعطر ، ويجب الحذر عند استعماله لانه سام وكاوي .

خواصه الكيميائية :

١ - صفته الحامضية :

يتحد الفنول مع ماءات الصوديوم ويعطي فئات الصوديوم وماء :

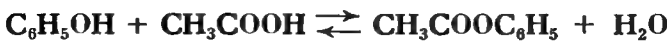


من الواضح أن الفنول يتفاعل كحمض لذلك كان يطلق عليه قديماً اسم حمض الفينيك وهو من الحموض الضعيفة اذ لا يؤثر في عباد الشمس الا بالتسخين ، ولا يحلل الكربونات ولا يؤثر الا في المعادن القلوية .

ونذكر تفاعله مع محلول كلور الحديد الممدد جداً لأهميته في الكشف عن الفنول اذ يعطي مركباً معقداً بلون بنفسجي .

٢ - صفته القلوية :

يتفاعل مع الحموض العضوية كحمض الخل ويعطي خلاات الفينيل وماء .



فهو يسلك سلوك الاغوال لكنه يختلف عنها بهدم تأثيره بحمض كلور الماء لتشكيل اترات ملحية .

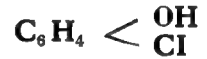
٣ - صفاته البنزينية :

أ - تفاعلات ضم :

يقوم الفنول بتفاعلات ضم كالبنزين فهو يضم الهيدروجين بوجود وسيط في الدرجة ١٨٩° م ويعطي $C_6H_{11}OH$ وهو من المركبات الهامة المستعملة في صناعة النايلون الحديثة المهد (١٩٣٨) .

ب - تفاعلات مبادلة :

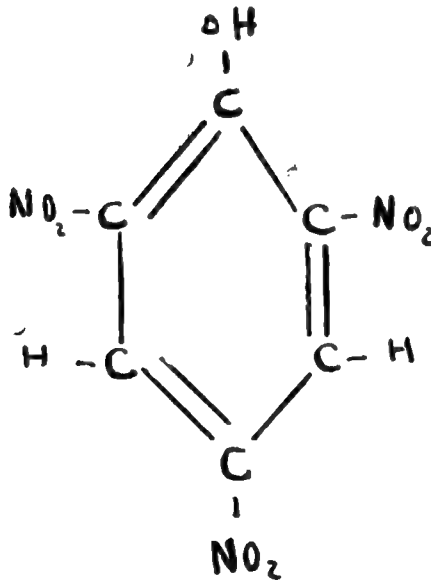
يقوم الفنول بتفاعلات مبادلة بتأثير الكلور ويعطي مثلاً أحادي كلور الفنول



ويتفاعل بسهولة أكثر من البنزين مع حمض الكبريت المركز وبشكل مركبات



ويسبق الفنول البنزين في تفاعلات النترجة ، ويعطي الفنول الاحادي أو الثاني أو



الثلاثي النترو ، والمركب الاخير هو أهمها من الوجهة العملية ويدعى حمض البيكريك أو حمض المر ، وهو جسم صلب متبلور أصفر اللون مر المذاق ، وحمض البيكريك المنصهر من الانفجرات القوية يعرف باسم ميلينيت ويستعمل في حشو القنابل ، وبفيد محلوله الاصفر في صبغ الحرير والصوف ، كما يستعمل في معالجة الحروق .

الوظيفة الفنولية :

بما أن الفنول الذي يتصف بصفات حامضية يسلك سلوك الاغوال ويحافظ على خواص نواته البنزينية ، فهو يتفرد بخواص تميزه عن الاغوال تدعى بالوظيفة الفنولية وكل الاجسام التي تشبه الفنول في صفاته الكيميائية — تحوي على القسم الوظيفي الذي يتألف من النواة البنزينية والجذر الهيدروكسيلي OH — .

استحصله :

أ - استخراج من القطران :

ذكرنا عند بحثنا عن البنزين أنه بتقطير القطران ينتج زيوت متوسطة بين الدرجتين 100°C — 210°C ، تبرد هذه الزيوت فيتجمد النفتالين C_{10}H_8 المعروف في الاسواق . ثم تعامل الزيوت الباقية بالصدود فتتحول الى فئات الصوديوم الذائبة ويمكن فصلها عن المزيج لان الزيوت المرافقة للفنول تعطفو على سطح المحلول .

يمالج محلول الفئات بنافثاني أكسيد الكربون فيحرر الفنولات ، ويفصل الفنول عن بقية المركبات الفنولية بالتقطير الجزأ .

ب - استحصله من احادي كلور البنزين :

بما مل أحادي كلور البنزين بمحلول الصود ويسخن في اناء مطلق الى الدرجة 350°C فتنتج فئات الصوديوم .



ويتحرر الفنول من فئات الصوديوم بمعاملتها بحمض الكبريت الممدد .

٢ - صناعة اللدائن

تمهيد :

لقد حلت اللدائن Matières Plastiques مكان المعادن في مجالات كثيرة لرخص ثمنها وخفتها ، وهي منتجات صناعية تصادفها مراراً في حياتك اليومية ، اذن فما هي اللدائن ؟ هل هي أجسام تقتصر على مركب واحد ام هي ذات تراكيب متعددة ؟ لا بد للإجابة على هذا السؤال من تحديد معناها :

يقصد باللدائن الاجسام اللينة في مرحلة من مراحل صنعها أو في درجة معينة من الحرارة فيمكن أن تأخذ اشكالاً متباينة بضغطها في قوالب متنوعة . لا تلبث أن تتصلب وتقسو اما لانخفاض درجة حرارتها أو لتحول تركيبها .

يتبين لك من التعريف السابق ان هنالك أجساماً عديدة تعتبر من اللدائن رغم تعدد مصادرها فمنها الطبيعي كالمطاط المقاوم (الايونييت) والعاج ومنها الصناعي كما في الصناعات السلولوزية والنيلون والباكليت والاقالايت .. الخ.

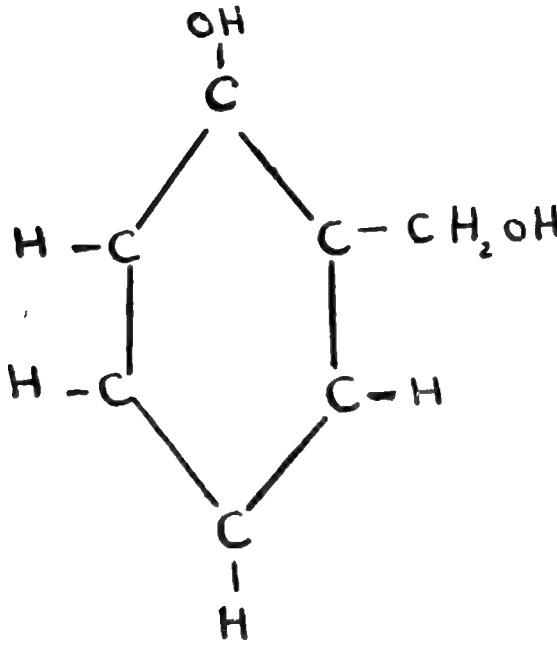
لا يقتصر تنوع اللدائن على اختلاف مصادرها بل يقع أيضاً اختلاف الوسط الذي تشكلت فيه ان كان حامضياً أو قلوياً أو معتدلاً .

وسنشرح فيما يلي بعض الطرق في اصطناع اللدائن .

صناعة الباكليت :

من خواص الفنول الهامة أنه يضم ألدهيد النمل $H-CHO$ ويعطي غولا فنولياً .

يتضاعف هذا المركب بسهولة في وسط حامضي أو قلوي أو بوجود بعض الاملاح ،
 أي أن جزيئاته تتجمع بعدد معين وتؤلف جزيئاً ضخماً ، وتحصل مادة لينة يمكن ضغطها في
 القوالب فتأخذ الشكل المطلوب لا تلبث أن تقسو فتدعى حينئذ بالباكاليت نسبة الى العالم
 بكلاند Backeland فهو أول من درس اتحاد الفئول مع ألدهيد الزمل وكضاعفه .



يستحضر الباكاليت في الصناعة بتسخين مزيج من الفئول ومحلول الفورمول التجاري
 الى الدرجة ٧٠°م بوجود وسيط . فيتشكل فئول غولي ، ويتضاعف الفئول الغولي بفعل
 الوسيط ويمطي الباكاليت الذي يذوب بسهولة في المذيبات العضوية كالفئول والآسيتون
 ثم باستمرار التضاعف يحصل الباكاليت الذي يذوب في الآسيتون فقط ، وأخيراً
 يتشكل الباكاليت - الذي يقاوم فعل المذيبات .

يستعمل الباكاليت - كإداة عازلة في الكهرباء ، ولصنع منها قبضات السكاكين
 والصحون والفناجين والامشاط والازرار . ويستعمل الباكاليت أو الباكاليت - في
 صناعة الورنيش وخيوط بعض المنسوجات في التلزيق .

صناعة الغلايت : Calalithe

يمكن الحصول على اللدائن من البروتئينات كالسكازئين الذي يستخرج من الحليب أو من حبوب الصويا ، وتختلف اوصاف المادة اللدنة بحسب مصدر الكارئين . واليك طريقة صنع اللدائن من كازئين الحليب :

يضاف الى مسحوق الكازئين ربع وزنه من الماء كما نضاف اليه قليل من حمض الخل فينتفخ الكازئين ، ثم يمعن داخل مخلط ويضاف احيانا مواد ترابية أو ملونة ، وبتأثير الحرارة والضغط يتحول الى عجينة متجانسة لينه ، تضغط هذه العجينة في القوالب فتقسو وتأخذ الشكل المرغوب ، وبعد ذلك تعامل بالفورمول كي لا يتفسخ وتبقى في هذا المحلول مدة اسبوعين الى ثلاثة اسابيع ، ومن أرقى انواع اللدائن المصنوعة على هذا الشكل الغلايت .

وتصنع من كازئين الصويا مواد لدنة مقاومة للحرارة تستعمل في صناعة الاشرطه السينمائية والقيير .

صفات اللدائن العامة :

تتماز اللدائن بصفات مشتركة تجمعها من المواد المفضلة في الاستعمالات اليومية ، تتراوح كثافتها بين ١ و ١.٨ بحسب نوعها ، فهي أخف من الالمنيوم الذي يعد من أخف المعادن اذ تبلغ كثافته ٢.٧ . لا تحيد تقل الحرارة ، وتقاوم معظم المؤثرات الكيميائية . بعضها لا ينقل التيار الكهربائي وهذا تابع لقابلية امتصاصها للماء . والى جانب ذلك تتميز اللدائن بنعومتها ولما لها ، وامكانية تلوينها بألوان زاهية جميلة .

استعمالاتها :

تستعمل اللدائن لصنع بعض الادوات المنزلية ، والاسفنج الصناعي ، وأغطية فوهات القوارير ، كما تدخل في صناعة الزجاج المقاوم ، وتستخدم في صناعة نماذج مدرسية لايضاح والجلد الاصطناعي ، وبعض المنسوجات ، وكثيراً ما تستعمل كمواد لاصقة .

الفصل السابع

الانيلين

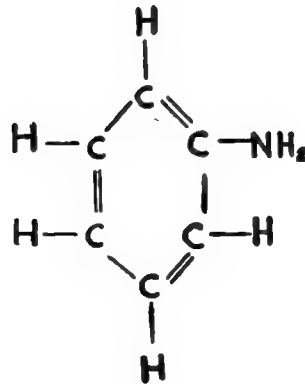
١ — الانيلين

٢ — صناعة الاصبغة

١ — الانيلين $C_6H_5NH_2$

صيفته :

يحصل الانيلين بارجاع النتروبنزين ، فهو من المركبات التي تحوي على نواة بنزين لذلك تكتب صيفته على الشكل التالي :



خواصه الفيزيائية :

الانيلين جسم سائل عديم اللون يميل الى السواد بنماس الهواء ، رائحته كريهة تؤدي أحياناً الى القيء .

يغلي في الدرجة 182°C ويتجمد في الدرجة -8°C . قليل الذوبان في الماء كثير الذوبان في الفول والاتير . كثافته 1.02 .

وهو سام جداً سواء عند ابتلاعه أو استنشاق أبخرته .

خواصه الكيميائية :

يمكن ان يعتبر الانيلين من مشتقات غاز النشادر باستبدال ذرة هيدروجين واحدة بجذر الفينيل C_6H_5 - . والمركبات التي تشتق من غاز النشادر على الطريقة السابقة تدعى بالامينات التي تتصف بصفات محلول النشادر الاساسية . فالانيلين اذن يحافظ على الخواص الاساسية بالاضافة الى الخواص البنزينية لذلك يدعى بالفينيل أمين .

١ - خواصه الاساسية :

أ - تأثير الكواشف الملونة :

ان محلول الانيلين يتصف بصفات اساسية اضعف من الصفات الاساسية لمحلول النشادر فهو لا يكون محلول فنول الفثالئين باللون الوردي ، لكنه يغير لون عباد الشمس الحساس من الاحمر الى الازرق .

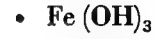
ب - تأثير المحوض :

يتفاعل محلول الانيلين مع المحوض كحمض كلور الماء وحمض الكبريت الممدد وحمض الخل ويضمها ، فيشكل أملاحاً متبلورة ذوابة في الماء . فمع حمض كلور الماء ينتج كلور فنييل الامونيوم .

٢ - تأثيره في الاملاح :

يفعل الانيلين بالاملاح المعدنية كما يفعل محلول النشادر ويمطي ماءات غير ذوابة . فهو يطرده الاسس غير الذائبة من املاحها .

فاذا عمل محلول كلور الحديد بمحلول الانيلين تشكل راسب من ماءات الحديد



٣ - تأثير الاجسام المؤكسدة :

ان الانيلين حساس جداً بالنسبة للاجسام المؤكسدة ويعطي نواتج عديدة تختلف باختلاف الجسم المؤكسد وحموضة الوسط ، ان لهذه النواتج أهمية صناعية كبرى فهي من المواد الملونة المستعملة في صناعة الاصبغة .

٤ - تأثير حمض الآزوتي :

يؤثر حمض الآزوتي في الدرجة : ٥٠ م على الانيلين ويمطي ديازوبنزين :



وتتم هذه العملية بتبريد مزيج من الانيلين وحمض كلور الماء بمزيج من الجليد والملح ، ثم يضاف نترات الصوديوم ببطء .
ان مركبات الديازو من المركبات الامامة في اصطناع مواد ملونة كثيرة الانواع والعدد.

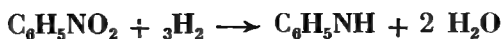
٥ - الخواص البنزينية :

يشبه الانيلين البنزين في تفاعلاته فهو قادر على كفاعلات الفم ، فيضم الهيدروجين ويمطي مركبات قليلة الفائدة . ومن أم مشتقاته المشتقات النترية والسلفونية التي تستعمل في صناعة الاصبغة .

اسمه حصالة :

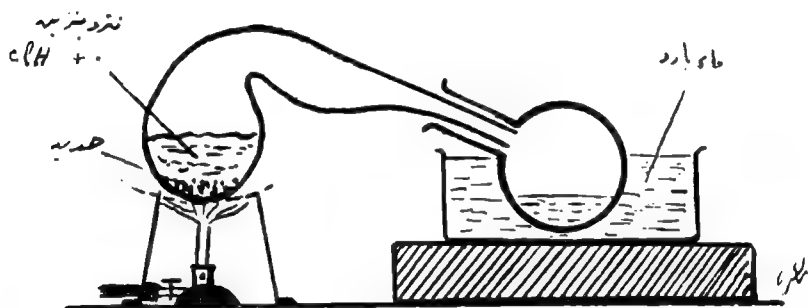
يستند مبدأ تحضير الانيلين على ارجاع النتروبين بالهيدروجين الوارد في وسط حامض

أو بوجود وسيط :



١ - الارجاع في وسط حامضي :

يمكن اجراء هذه الطريقة بسهولة في المختبر : يوضع مزيج من برادة الحديد وحمض كلور الماء والنيتروبنزين في موعة ، وتسخن بلطف حتى يبدأ المزيج بالتفاعل فيتحرق الهيدروجين الوليد بتأثير حمض كلور الماء على الحديد ويرجع النيتروبنزين . يحصل هذا التفاعل بشدة وتنتقل أبخرة الانيلين مع النيتروبنزين وتكاثف في الحرجلة المغموسة في حوض ماء بارد كما هو مبين في الشكل (٣١) . ثم يعاد مزيج الانيلين والنيتروبنزين الى الموعة كي يتم التفاعل . ويمكن الكشف عن الانيلين باضافة ماء جافيل الذي يعطي لوناً بنفسجياً .

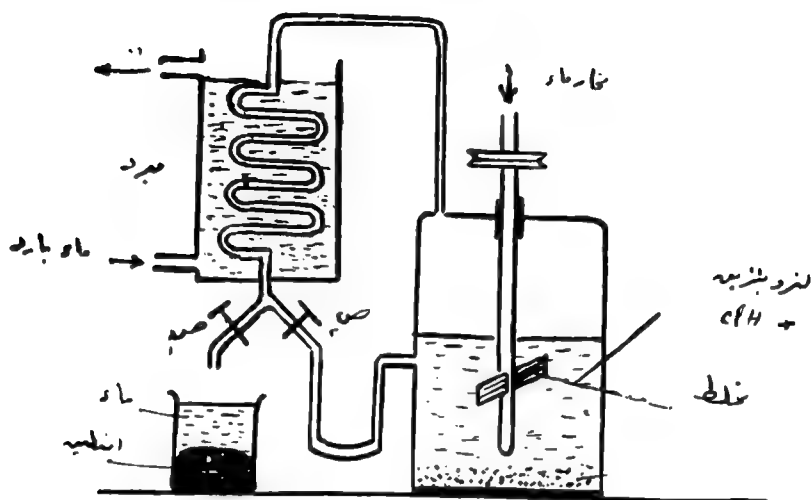


(شكل ٣١) استحصال الانيلين في المختبر

وتتبع في الصناعة الطريقة نفسها في استحصال الانيلين ، والشكل يبين صورة مبسطة الاجهزة المستعملة . وتتألف من مرجل يحوي على مخلوط وفيه فتحة لامرار بخار الماء ، ومبرد حازوني ينتهي بأنبوبين بفلقان ويفتحان بواسطة صنبورين ص١ وص٢ ، يتصل الأنبوب الاول بالمرجل وثانيها ينتهي فوق حوض لجمع الانيلين (شكل ٣٢) .

يوضع مزيج من النيتروبنزين وبرادة الحديد وحمض كلور الماء في المرجل ، ويمرر في المزيج تيار من بخار الماء فيجرف منه أبخرة الانيلين والنيتروبنزين فتكاثف في المبرد ، ويكون الصنبور ص١ أثناء هذه الفترة مغلقاً ، والصنبور ص٢ مفتوحاً ، فيعود السائل

المتكاثف الى المرجل ثانية وهكذا تكرر العملية الى أن يتم الارجاع . ثم يضاف لبن الكلس ، ويفتح الصنبور ص ، بدلا من الصنبور ص ، ويقطر المزيج ببخار الماء فتنتقل أبخرة الانيلين وتتكاثف في المبرد ويجمع الانيلين في الحوض المعد لذلك .



(شكل ٣٦) استحصال الانيلين في الصناعة

٢ - صناعة الاصبغة

تمهيد :

عرف المصريون القدماء كيفية تحضير بعض الاصبغة للاستعمالات المختلفة كصبغ الاقشة وتلوين الاحجار الكريمة والحزف وتحضير الخضاب (الحناء) ، وتزيين الجدران . وقد برع الفينيقيون أيضاً في صناعة الاصبغة فيما بعد حيث انتشرت هذه الصناعة على طول ساحل البحر الابيض المتوسط .

وكانت تأتي من الهند أصبغة متنوعة أهمها صباغ النيلة الذي اشتهر بإنتاجه الهنديكميات وافرة حيث كانت تعتمد في بناء اقتصادياتها على تجارة النيلة في الدرجة الاولى .

وظهرت بعد ذلك الاصبغة المعدنية مثل كبريت الزئبق SHg المعروف بالسينابر والسيلقون Pb_3O_4 والليتارج أي أكسيد الرصاص PbO .

وبدأت دراسة الكيمياء تتوسع وتنتشر ، وكان من جراء ذلك ونتيجة للأبحاث والتحريات المختلفة ان ظهرت طائفة من المواد الصباغية والاصطناعية فاكتملت الاسواق العالمية وحلت محل المواد الصباغية الطبيعية التي كستخرج من بعض النباتات والقواقع البحرية .

ومن الاصبغة الاصطناعية أصبغة الانيلين التي أثر اكتشافها على مجرى الاقتصاد العالمي وبالرغم من الجهود التي قام بها الكثيرون لتحسين الاصبغة الطبيعية فانها لم تستطع الوقوف في وجه الاصبغة الاصطناعية الاكثر جودة والاوفر غنى بتنوعها .
وقد توالى أبحاث العلماء في هذا المضمار وأخذ عدد الاصبغة العضوية الاصطناعية يرتفع ويزداد حتى أربى على عشرات الآلاف .
الصبغة العضوية الاصطناعية :

يوجد حالياً ما يزيد على ٢٠ ألف صباغ تعود في أصلها الى أني نوع كيميائي معروف وكثيراً ما نجد أصبغة لها نفس التركيب الكيميائي تباع في الاسواق تحت أسماء مختلفة ويعود ذلك الى اختلاف طرق تحضيرها ، لان هذا الاختلاف يؤثر في خواصها الصباغية .
وقد وضعت طرق متعارف عليها لتسمية هذه الاصبغة بأسماء تجارية لانه من الصعوبة بمكان تسميتها بالنسبة لتركيبها الكيميائي ذلك التركيب المتنوع والمعقد جداً . نجد في الاسواق مثلاً صباغ أحمر J ، وأحمر R أو أحمر B ، لا تختلف عن بعضها الا في شدة اللون .

وتصنف المواد الصباغية وفقاً لِمُض خواصها الكيميائية أو الفيزيائية فهناك مثلاً :
الاصبغة الحامضية : تشكل لدى انحلالها محاليل حامضية نظراً لوجود جذور حمضية في تركيبها مثل SO_3H — و $COOH$. ومن مميزات هذه الاصبغة انها تصبغ النسيج ذات الاصل الحيواني كالصوف .

الاصبغة الاساسية : وهي أصبغة ذات تفاعل اساسي . وهي قليلة الانحلال جداً بالماء . ولا تنحل بصورة جيدة الا اذا عوملت بحمض مناسب .

الاصبغة المعتدلة : وهذه الاصبغة لا تصنع النسيج اذا حوات الى مركبات جديدة منحلة كي تثبت على النسيج كالنيلة .

المواد الاولية التي تصنع منها الاصبغة :

١ — مشتقات البنزين : يعتبر الفئول C_6H_5OH وكذلك أحادي كلور البنزين C_6H_5Cl والنثروبينزين $C_6H_5NO_2$ الذي يحول الى أنيلين من المواد الاولية الهامة في صناعة الاصبغة . ويمكن تحضير هذه المواد ابتداء من البنزين الذي يستخلص بدوره من تقطير الفحم الحجري كما ذكرنا .

٢ — النفثالين والانتراسين : يعتبر النفثالين أيضاً من المصادر الهامة للاصبغة وصيغته $C_{10}H_8$ ، وكذلك الانتراسين وصيغته $C_{14}H_{10}$.

نستخلص هذه المواد من الفحم أيضاً . ومن هنا يتضح لك مقدار أهمية الفحم الحجري لا كوقود بل كمصدر أساسي لصناعات كيميائية متنوعة وعديدة .

ان المواد الاولية السابقة ليست في حد ذاتها أصبغة ، بل تشتق منها الاصبغة بعمايات كيميائية متنوعة مهمة جداً ، كالهلجنة والترجة والسلفنة .

وتعتبر جميع المواد الناتجة من العمليات السابقة مواد تحضيرية للاصبغة المتنوعة والمتعددة التي تستخرج منها ، وسنتكلم فيما يلي بإيجاز عن بعض هذه الاصبغة كاصبغة الانيلين فقط نظراً لأهميتها .

اصبغة الانيلين :

١ — تشتق من الانيلين اصبغة عضوية تحوي على المجموعة $N=N$ - وتسمى اصبغة آزو ، وقد مررنا في بحث الانيلين تأثير حمض الآزوتي على الانيلين ، وتبين انه يتشكل نتيجة التفاعل ديازو بنزين .

فاذا اضيف الى محلول الديازو بنزين وحمض كلور الماء قليل من الانيلين تحصل بالتسخين مادة صباغية صفراء تدعى بأصفر الانيلين .

واذا اضيف الى محلول ديبازو بنزين وحمض كلور الماء قليل من الفنول عوضاً عن الانيلين لتشكّلت مادة صباغية برتقالية .

٢ — بتأثير بعض المواد المؤكسدة يعطي الانيلين عدداً كبيراً من المواد الصباغية :

يؤثر ماء جافيل الممدد او كلور الكلس في الانيلين ويعطي لوناً بنفسجياً ، ويشكل تحت بروميت الصوديوم مع الانيلين راسباً بلون برتقالي . وان ثاني كرومات البوتاسيوم تؤثر في الانيلين في وسط حامضي ، وتنتج مادة ملونة شديدة الزرقة . اما اللون الاسود فيحصل من معاملة الانيلين بكلورات الصوديوم او املاح الحديد ، ويسمى هذا الاسود بأسود الانيلين لا يتأثر بالفسيل ولا بالحموض .

كيفية الصبغ :

تختلف الطرق المتبعة في الصباغة باختلاف طبيعة المادة المراد صبغها وباختلاف الصباغ المستعمل . على العموم تكون صباغة الانسجة البيضاء النقية أمهل وأدق من صباغة الانسجة الحام . ومن الضروري أن يكون الماء المستعمل في مغطس الصباغة نقياً قدر الامكان وخالياً من المياه الكلسية والمغزية التي تعيق عملية الصباغة .

بشكل عادة محلول من الصباغ الذي يراد الصبغ به ويضاف اليه بعض المساعدات على الصباغة مثل الصابون او كربونات الصوديوم التي من شأنها ان تبطي عملية الصباغة ، وهذا ما يساعد على نفوذ المادة الصباغية في النسيج أو غيره وصبغه بصورة متجانسة ، وبعد ان يحضر هذا المحلول يوضع في مغطس للصباغة ويضاف اليه الجسم المراد صبغه .

وبعد نفاذ المادة الصباغية في النسيج أو المادة المصبوغة يضاف بعض الاملاح المثبتة منها كلور الصوديوم او كبريتات الصوديوم او كربوناته التي تمنع انحلال الصباغ بمجرد ان يتشرب بالمادة المصبوغة .

ثم تجفف المادة المصبوغة وتمرر أحياناً مرة أخرى في محاليل تحوي مواد كيميائية معينة لزيادة ثبات الصباغ اتجاه الفسيل أو النور .

وهناك طريقة أخرى للصبغة ، يتشكل الصباغ فيها على النسيج نفسه كما هي في اسود الانيلين الذي يصنع به على الطريقة التالية :

يشرب القطن بصورة جيدة بمحلول ممدد حامضي من الانيلين ، يضاف الى المحلول بمد ذلك مادة مؤكسدة مثل الكلورات فيتأكسد الانيلين ويتحول الى صباغ اسود بالتدريج . ويمتاز القطن المصنوع بهذه الطريقة بوميض برونزي ولكنه غير ثابت تجاه الاحتكاك ، ولكن اذا غسل بالماء الساخن والصابون يخف ويمضه ويصبح أكثر مقاومة للاحتكاك .



الوحدة الثالثة

العلوم الطبيعية

التغذية في الانسان

الاعذية والتمار

يستهلك الانسان مجموعة من المواد تعرف بالاغذية (كالحم والخضار والحبوب والخبز والجن) لتستدرك منها القدرة اللازمة للقيام بأفعاله الحيوية الضرورية ولتضمن نموه وترميم ما يتلف من أجهزته ومادته الحية . وتقسم الاغذية من حيث طبيعتها الكيميائية الى أربعة أقسام :

١ - السكويات : وهي مواد عضوية تتألف من اتحاد ثلاثة عناصر : الفحم ، والهيدروجين ، والاكسجين ، ويكون العنصر الاول فيها بنسبة الثلث وتدخل في بناء القسم الاعظم من النسيج الحيواني والنباتية ، وتقسم السكويات الى ثلاثة أقسام :

أ - السكويات الاحادية : وهي أبسط السكويات $C_6H_{12}O_6$ ، منها سكر العنب الذي يوجد في الفواكه والمسل والدم وفي بول المصابين بداء السكر ، وسكر الثمار والغالاكروز .

ب - السكويات اثنائية : وتكون من اتحاد ذرتين من السكويات الاحادية $C_{12}H_{22}O_{11}$ ونذكر منها سكر القصب وهو السكر المادي المعروف ويوجد في قصب السكر والشمندر ، ومنها سكر الشعير وسكر الحليب (اللبن) ، الذي يصادف في لبن الثدييات بصورة عامة .

ج - السكويات المتعددة : وتكون من اتحاد عدة سكويات احادية $(C_6H_{10}O_5)^n$ وتبدو بأشكال عديدة كالنشا ومولد السكر والسلوز .

تجربة : مشاهدة حبات النشا بالمجهر .

يصادف النشا كمخزن غذائي في كثير من النباتات كالبطاطا والحبوب (القمح والرز) وهو يتألف من جزيئات تنتفخ بالماء ، ويتشابه النشا مع مولد السكر في كثير من

الصفات ، لذا كثيراً ما يسمى هذا الأخير النشا الحيواني لأنه يتشكل في كبد الحيوانات ،
أما السللوز فهو يؤلف الجدار الخلوي في النباتات ولكنه لا يتمتع بقيمة غذائية إذ لا يهضم في
الجسم لعدم توفر الخمائر الهاضمة الخاصة به .

٢ — الدم : وهي شكل مجموعة غير متجانسة من منشأ حيواني أو نباتي ، وقد صنف
في زمرة واحدة لاحتوائها على حموض دسمة كجزء من فرتها التي تكون غالباً معقدة ،
وهي تشمل الشموع والشحوم والدم الفوسفوري والدم السكرية .

أ — الدم الحيواني : وهي مشتقات حيوانية (الدهن ، السمن ، الزبدة ، وزيت كبد
السماك وصغار البيض) تكون عادة صلبة في الدرجة الاعتيادية من الحرارة .

ب — الدم النباتية : وهي على تقبض الفئة الاولى ، سوائيل زيتية كثيفة لزجة
كزيت الزيتون وزيت زور الكتان وزيت الخروع وزيت زور القطن وزيت الفستق
السوداني ، وتشد عنها زبدة الكاكار التي تكون صلبة ، ويجب ان تميز هنا بين الزيوت
الدسمة وبين الزيوت الطيارة كمطر النعنع والاكاليتوس وغيرها التي لا تمت الى المواد
الدسمة بصلة .

وتوجد الدم في البدن الحي بشكل مدخرات تشكل نسيجاً خاصاً يسمى النسيج
الشحمي بصادف في نواح متعددة من الجسم خاصة تحت الجلد ، وتدخر الدم أيضاً بين
الطبقات العضلية وفي الدم واللبن (بشكل مستحلب) وفي خلايا الكبد ونقي العظام ، وتعتبر
الدم مصدر قدرة حرورية ومدخراً لها لحين الحاجة ، وهي في هذا المجال تفوق
السكريات والبروتينات ، إذ يعطي الغرام الواحد من الدم قدرة ما تعادل ما يعطيه غرامان
من السكريات والبروتينات .

٣ — البروتينات : تعتبر البروتينات مركبات معقدة تتألف من مواد أو وحدات
أبسط تركيباً تسمى الحموض الامينية ، تماماً كما تتركب السكريات من اجتماع السكاكر
الاحادية ، وهي مركبات رباعية تحوي الفحم والهيدروجين والاكسجين والازوت وقد
تحوي أحياناً الكبريت والفوسفور والحديد واليود ، كما ولصاف في جميع الخلايا الحيوانية
أو النباتية إذ تعتبر الجزء الرئيسي فيها . فالبروتينات من مصدرين : الأول حيواني (اللحم

البيض واللبن والجبن . .) والثاني يشمل الحبوب على انواعها والخبز ، ولا تحتوي البطاطا والنباتات الا القليل من البروتينات . والحيوانية منها اقرب بتركيبها الى بروتينات جسم الانسان من البروتينات النباتية .

وتؤمن البروتينات النمو وترميم النسيج اذ تعتبر الغذاء الوحيد الذي يحوي الكبريت والآزوت ، ولكن الزائد منها على حاجة الجسم يستهلك كالكسكريات والدم في سبيل توايد القدرة لأن البدن لا يستطيع ادخارها .

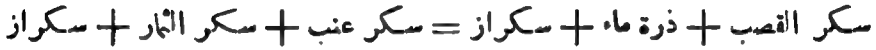
الحماض : تطرأ على الاغذية في البدن الحي تفاعلات كيميائية غايتها تحرير القدرة الكامنة في الغذاء ، وتم هذه التفاعلات في مرحلتين : الاولى في القناة الهضمية والثانية في الخلايا الحية ذاتها . فالذرات العضوية الكبيرة تتحطم الى ذرات أصغر فأصغر (وهذا يسمى التحليل) ثم يعود البدن الحي فينبني من بعض هذه الذرات الصغيرة مادته الخاصة (وهذا يسمى التركيب) بينما يستفيد من البعض الآخر كمصدر للقدرة .

ونستطيع في المختبر اجراء بعض من هذه التفاعلات الكيميائية ، الا اننا نحتاج لاتمامها الى شروط قاسية كاستعمال المحوض أو القلويات القوية أو اللجوء الى الفليان مدة طويلة أو غيرها من الطرق التي لا تتناسب مطلقاً مع شروط الحياة ، اما في البدن الحي فتم هذه التفاعلات بسهولة وفي درجة حرارة الجسم بواسطة عوامل كيميائية خاصة تفرزها الغدد أطلق عليها اسم الحماض .

صفات الحماض : تعتبر الحماض مواد كيميائية ذات طبيعة بروتينية تستطيع بدء وتسريع التفاعلات الكيميائية في البدن الحي ، ويمكن استخلاصها من المصارات التي تحويها بترسيبها بالبول القوي ثم حلها بالماء او الحلوين ، وتتميز الحماض بصفات خاصة نذكر منها :

١ - نوعيتها : غالباً تكون الحميرة نوعية ، لا تؤثر الا في مادة كيميائية معينة واحدة تسمى المادة المتأثرة ، فالحماض المؤثرة في الكسكريات لا تؤثر في البروتينات أو الدم كما أن الحميرة التي تؤثر في سكر معين لا تؤثر في غيره من الكسكريات . ويوجد في البدن ، والحالة هذه ، عدد كبير من الحماض يناسب تنوع تركيب المواد الغذائية .

٢ - آلية تأثيرها : لا تزال آلية تأثير الحماز غامضة حتى الآن ، انما يعتقد أن تأثير كبير من الحماز الهاضمة يتم بواسطة (الحمأة) فتتحد المادة بتأثير خيبتها مع شوارد الماء (H ، OH) وينقسم الى قسمين : الاول يتحد مع شاردة (H) والثاني مع شاردة (OH) ، فخميرة سكر القصب تحلل سكر القصب الى ذرة من سكر العنب وذرة من سكر الثمار ، وما يجب الاشارة اليه هو أن الخميرة لا تدخل كعنصر أساسي في التفاعل بل كعامل بالتاس يبقى على حاله بعد انتهاء التفاعل :



٣ - انقلاب عملها : قد ينقلب عمل الخميرة في بعض الشروط الخاصة فيسير التفاعل في الاتجاه العاكس ، فالخميرة التي تحول سكر العنب الى مولد سكر تعود ، اذا توفرت لها الشروط الملائمة ، فتحول مولد السكر الى سكر عنب .

طلائع الحماز : تكون الحماز في الخلايا التي تفرزها بشكل طليعة خميرة أي بشكل غير فعال فالهضمين مثلا تكون بحالة مولد الهضمين في خلايا المشكلة ، ثم تنقلب الى شكل فعال أثر وصولها الى الامعاء . وقد لا يتم هذا الانقلاب الا بوجود عامل خاص يسمى مساعد الخميرة .

٣ - شروط عملها : تتأثر الحماز بالعوامل الفيزيائية والكيميائية فيتوقف عملها في درجة الصفر وتلف بالفلبان وتبلغ أوج نشاطها في درجة فضلى (٣٠° - ٤٥°) ، كما أن لتفاعل الوسط تأثيراً كبيراً عليها فبعضها لا يعمل الا في الاوساط الحامضة بينما يفضل البعض الآخر الأوساط القلوية . ويحتاج بعض الحماز لبدء عمله الى شوارد معدنية معينة فخميرة التخنتر لا تعمل الا بوجود شاردة الكلس (Ca) .

تصنيف الحماز الهاضمة : تصنف الحماز الهاضمة حسب نوع الغذاء الذي تؤثر فيه :

١ - الحماز الحالة للسكريات : وهي تحلّى السكريات ويعتبر لها نوعان :

آ - خمائر السكريات المتعددة : وتحول النشا الى يمينيات وسكر شعير ونذكر منها البتيالين اللعابية والأميلاز المشكلية .

خمائر السكريات الثنائية : وتحلّى السكريات المركبة الى سكريات بسيطة

(أحادية) ونذكر منها المانتاز والسكراز واللاكتاز وهي تحول سكر الشمير الى سكر غنب وسكر القصب الى سكر غنب وسكر الثمار وسكر اللبن الى غالاكتوز وسكر غنب .
١ - الحماض الحالة للدم : وتحمل الدم الى حموض دسمة وحلرين وتوجد في العصارات الهاضمة .

٣ - الحماض الحالة للبروتينات : وتحمل البروتينات الى مركبات أبسط تختلف باختلاف الحمرة المؤثرة فالبروتينات تتحلل الى أحوزات ثم الى هضمونات ثم الى كثيرات الهضميد وأخيراً الى حموض آمينية ، ونذكر من هذه الحماض الهضمين المعدي والهضمين الثلاثي المشكلي .

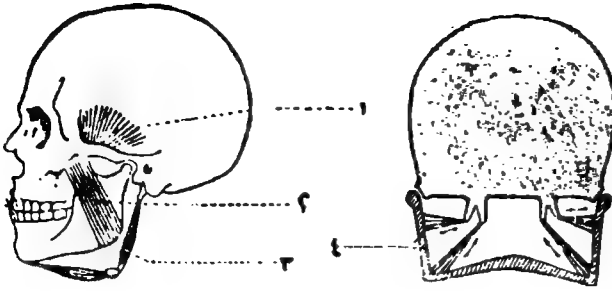
الهضم

الهضم سلسلة من العمليات المعقدة غايتها تحويل الاغذية الى شكل قابل للامتصاص . وتبدأ عمليات الهضم هذه منذ دخول الاطعمة الى الجهاز الهضمي لذا سنتبع مصير الاغذية في كل جزء من اجزاء هذا الجهاز . وبعد عمليات الهضم تدخل المواد الناتجة عنه الى الدم حيث تتوزع في الاعضاء .
وقد قسم الهضم كسبيلاً للدراسة الى هضم معدي وهضم معوي .

الهضم الفمي

مق دخل الطعام الى الفم خضع لاملين : عامل آلي وهو المضغ ، وعامل كيميائي وهو اللعاب (الهضم اللعابي) .
المضغ : تقطع الاسنان الاغذية الصلبة إرباً ، وتسحقها بفضل حركات الفك السفلي ، وهي حركات رفع وخفض وطحن ، وتقوم بتحريك الفم عضلات تدعى عضلات المضغ . شكل (١) ومن البديهي أن المضغ الجيد يسهل هضم الاغذية إذ نعرف جيداً أن المضغ الناقص يحدث كثيراً من الآفات المعدية المعوية والبردات (سوء الهضم) . أما مركز المضغ فهو في البصلة السيسائية .

الهضم العائى :



شكل (١) عضلات المضغ

- ١ - العضلة الصدغية ٢ - العضلة الماضغة
٣ - ذات البطنين

يرطب اللعاب الاطعمة فى أثناء سحقها ، ويدعى ذلك بالتلييب . واللعاب سائل يسهل الحصول على كمية كبيرة منه بتنشيط الغدد التى تفرزه ، وحضا على الافراز ، وذلك بمضغ كرة صغيرة من المطاط ،

وبتوجيه ابرة الاتر الى الفم ، ويستحصل اللعاب صافياً بوضع مسابير فى قنوات الغدد اللعابية المبرزة .

واللعاب فى الفم ، مزيج من لعاب الغدة النكفية ، والغدة تحت الفك ، والغدة تحت اللسان . وهو سائل رائق تفاعله قلوي ، يحتوى فى تركيبه على ماء (٩٩٥ بالالف) وأملاح معدنية بشكل كلورات قلوية ، أو فوسفات كلسية ، مع أثر من سلفوسيانور البوتاسيوم ، ترسب احياناً على سطح ميناء الاسنان ، فتكون القلح . ومن مخاطين تجعل اللعاب خائطاً ومن خميرة تدعى خميرة اللعاب تفعل فى المواد النشوية ، وتراوح كمية اللعاب فى اليوم الواحد بين ٣٠٠ و ٥٠٠ غرام .

وظيفة اللعاب : أ - يحل اللعاب الاطعمة القابلة للانحلال كالسكريات ، ولبين الاطعمة الصلبة ويزلقها .

ب - تؤثر خميرة اللعاب بوسط قلوي فى الاطعمة النشوية المطبوخة فتهدمها قسمياً . والهضم اللعائى قليل الشأن ، اذ ان الاطعمة لا تلبث فى الفم مدة كافية لاتعامه ولا يخل استئصال الغدد اللعابية من حيوان أعمال الهضم فيه أبداً ، بل يفضى الى عطش شديد يتطلب معه الحيوان الماء ، لترطيب الماء .

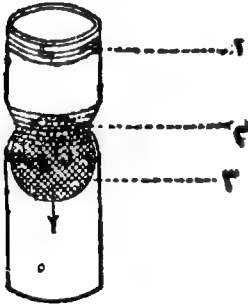
افراز اللعاب : افراز اللعاب عمل مستمر ، يزيد فى أثناء تناول الطعام وهو فعـل

انمكاسي ينشأ من تماس الاغذية ذات الطعم مع مخاطية الفم (التنبيه الفمي) ، وقد تحدثه بفزارة رؤية الطعام الشهي (التنبيه البصري) كما تزيد الرائحة في كميته زيادة محسوسة (التنبيه الشمي) . وبكفي أحياناً تذكر طعم ألوان شبيهة من الطعام . لحدوث إلعاب غريزي (التنبيه الدماغي) ، ومن هنا نشأ القول السائر (سال له لعابه) . فإذا عودنا كلباً سماع صوت جرس في كل مرة نقدم له فيها اللحم ، فإنه يلعب (يسيل لعابه) كلما سمع صوت الجرس ، حتى ولو أمسكنا عن تقديم الطعام اليه ، ويقع مركز افراز اللعاب في البصلة السيسائية .

البلع

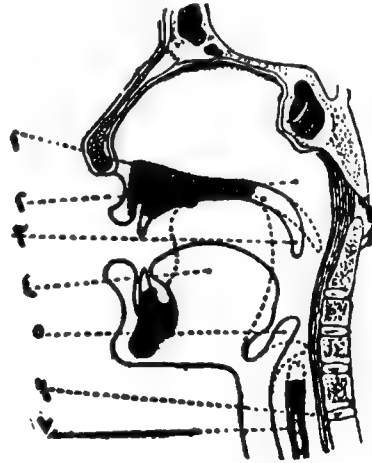
مق تم مضغ الاطعمة وعجنها باللعاب ، يجمع اللسان ، كنلة واحدة ذات قوام لين ، تدعى اللقمة الطعامية ، ثم يدفعها الى البلعوم ، والبلع سلسلة من الحادثات تسوق اللقمة الطعامية من الفم الى المعدة ، ونميز فيه الادوار التالية :

ينلق الفم ويـقط اللسان الى الورا ، وينطبق سطحه العلوي على قبة الحنك فتندفع اللقمة الى البلعوم . وينمطف الحفاف شكل ٢ (شراع الحنك) مع لهاته الى الورا والاعلى



(شكل ٣)

- الحركات في المريء .
- ١ — عضلة دائرية
 - ٢ — عضلة دائرية متقلصة
 - ٣ — اللقمة الطعامية



- (شكل ٢) ترسيم يبين حركات البلع
- ١ — الحفاف (شراع الحنك) ٢ — حفرة أفقية
 - ٣ — اللهاة ٤ — لسان ٥ — لسان المزمار
 - ٦ — المريء ٧ — الرغامى

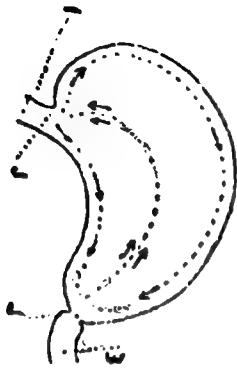
فيفسد الحفرنين الانفيين الخلفيتين . وترتفع الحنجرة في الوقت نفسه بتقلص العضلات الرافعة ، فيصطدم لسان المزمار فيها بقاعدة اللسان وينثني نحو فوهة الحنجرة فيفسدها . ولا تبقى هكذا الا طريق واحدة ، تسلكها اللقمة مدفوعة بتقلص العضلات في أعلى البلعوم ومتى وصلت اللقمة الى المريء ، أحدثت في عضلات جداره الدائرية ، تقلصاً يضيق لقمة المريء ، وينتشر هذا التقلص تدريجياً في المريء . من القريب فالاقرب دافعاً أمامه لقمة الطعام . وتدعى هذه التقلصات الحركات الحولية (شكل ٣) وهكذا تساق اللقمة الطامية حتى تسقط في المعدة ، وليس للثقل أي تأثير في تقدمها ، إذ يستطيع بعض الناس أن يأكل ورأسه مدلى الى الاسفل كما ان بعض أكلة الحشائش من الحيوانات ترعى العشب ورأسها منخفض عن جسمها . والبلع عمل انعكاسي ينشأ عن لمس الاطعمة بمخاطبة الفم والبلعوم . فلا يحدث البلع متى كان الفم فارغاً بل يشترط فيه امتلاء الفم ولو بقليل من اللعاب . اما مركز البلع فهو في البصلة السيسائية . واذا ضلت اللقمة طريقها حدثت حركات شديدة انعكاسية تعطرد اللقمة وترجعها الى طريقها .

الهضم المعدي

ترد الاغذية الى المعدة لقمة لقمة ، ثم تأخذ عضلات المعدة بالتقلص فتمزج الاطعمة (الهضم الآلي) بالمصارة المعدية ، التي تؤثر فيها تأثيراً كيميائياً .

الهضم الآلي : تقلص عضلات المعدة المختلفة في وقت واحد بتأثير حموضة الوسط فتعجن الطعام بالمصارة عجناً وتمزجه بها مزجاً تاماً . وحركات المعدة انعكاسية ، وهي مرتبة بشكل تسوق فيه الاطعمة دائماً باتجاه متماثل . فتسير الاطعمة من البواب الى الفؤاد مارة في محور المعدة لتعود من جديد من الفؤاد الى البواب بتماس الغشاء المخاطي . وتظهر هذه الحركات واضحة تحت دريئة الاشعة السينية ، اذا مزج الطعام بمادة شافة ، كملح البزموت ، أو كبريتات الباريوم الهلامية . وتنشأ حركات المعدة هذه من حموضة الوسط كما تؤثر فيها الجملة العصبية فالاعصاب الودية تخفف من حركاتها والرتوي المعدي يزيد في حركاتها .

الهضم الكيميائي : العصارة المعدية : كان يعتقد حتى العام ١٧٥٠ أن المعدة تطحن الاغذية طحناً . ويمود الفضل في دحض هذه النظرية الى العالم ريمور ، الذي اطعم طيوراً



كاسرة كرات معدنية مخوفة مملوءة باللحم ومنقوبة ثقوباً دقيقة ، فقامها الطيور بعد ساعات فارغة من اللحم بدون ان تنفتح أو يتبدل شكلها . فاستنتج منذ ذلك الحين ان هضم اللحوم يتم بفضل سائل خاص تفرزه المعدة يدعى عصارة المعدة . وقد كرر هذه التجارب سبلاً لازاني ، فأطعم الطيور اسفنجاً مربوطاً بخيوط ثم مسح وعصره فحصل على سائل ، ووضع هذا السائل مع لحم في وعاء فذاب اللحم .

افراز العصارة : ان افراز العصارة متقطع فلا نجد عصارة

في المعدة صباحاً ، عند النهوض من النوم (المعدة على الريق) (شكل ٤) سير الاغذية انما يحدث الافراز فيها عند ادخال الطعام .

تركيب العصارة : عصارة المعدة سائل خائط لالون له طعمه ١ — المري ٢٠ — الفؤاد حامض . ويتركب من ماء (٩٩٠ بالالف) ومن ملاح معدنية ٣ — البواب ٤ — العفج (كلورور وفوسفات) ومن حامض كلور الماء (٢ بالالف) ومن مخاط وثلاث خمائر : هضمين ، وأنفحة ، وليياز .

حامض كلور الماء : يوجد في العصارة حراً أو متحداً وينشأ من تحلل كلور الصوديوم فاذا حذف الملح من الطعام اليومي نقصت كمية الحامض وقد تزول . ولحامض كلور الماء في العصارة قيمة كبرى فهو ضروري : ١ — لتكوين الهضمين ٢ — لفتح البواب واغلاقه ٣ — لحض المشكلة على الافراز ، ٤ — لقتل الجراثيم الواردة مع الطعام . وقد شوهد أن الطعام المخضب بالعصارة المعدية لا يتفسخ ، وان الافراط في شرب المياه القلوية اثناء الطعام يزجج الهضم المعدي ويبقيه .

الهضمين : هي خميرة تبدأ هضم المواد الآحية . ويثبت تأثيرها اليوم بوضوح بالهضم الاصطناعي ، الذي يبين أيضاً درجة تأثير العصارة وعيارها . أما محصول الهضم فهو سائل لا يتخثر بالحرارة فيه مواد جديدة يمكن ترسيبها تسمى

الآحوزات والمضمونات ، وقد بين التحليل الكيميائي أن هذه الاجسام تنسب الى فصيلة كثيرة المضميدات . والمضمونات أبسط تركيباً من الآحوزات وهي تنحل في الماء ، وتمر بالحلول عبر الأغشية ، ولا تتأثر بالحرارة والحموض بيد أنها تعطي تفاعلاً موجياً مع كاشف البولة المضاعفة . وتبلغ نسبة الآحوزات في محصول المضم $\frac{9}{10}$ ونسبة المضمونات $\frac{1}{10}$. وهكذا تفكك ذرة الاجسام الآحية الكبيرة الى أقسام أصغر منها . بيد ان الاجسام المتكونة منها لا تمتص أيضاً ، وإذا حققت في الدم طرحتها من الكليتان ، فهي إذن اجسام انتقالية ناجمة عن تحول ابتدائي يتم فيما بعد .

وتحدث في المدة حادثات مشابهة لما تقدم ، فتتميع نسيج اللحم الضامة بسرعة كما تذوب الالياف العضلية تدريجياً مع ليفين الدم وآحه .

الهضمين وطبيعته : لا تفعل عصارة المدة في المواد الآحية الا إذا كانت حامضة . فاذا عدلت حموضتها فقدت تأثيرها ، لتستعيد مقي حمض من جديد . نستنتج من ذلك ان الهضمين لا تعمل الا في وسط حامض . فالخيرة التي تفرزها غدة المدة ليست فعالة ، ونسميها طليعة الهضمين ، وهي تنقلب الى هضمين فعالة بئاس حامض كلور الماء الموجود في المدة . اجواء تجوئة : هضم آح البيض بتأثير الهضمين (Pepsine) الذي يباع في الصيدليات . **الانفحة :** تخثر عصارة المدة اللين بفضل أنفحتها . والانفحة غزيرة في معد الثدييات الصغيرة وتستخرجها بخذعة معدة عجل صغير أو خروف رضيع ولطمطينها (نقعها) في ماء مالح فتتحل فيه الانفحة ، فاذا أضفنا قطرات من هذا المحلول الى لبن فاتر، انفصل الى علفة جامدة رجرجاة تدعى الجبن والى سائل ابني مصفر يدعى مصل اللبن وتكونت فيه آحوزات وهضمونات ، وان وجود ملاح الكلس ضروري لحدوث العلفة . فاذا رسبنا هذه الملاح من اللبن بمحاضات البوناسيوم . ثم أضفنا اليه أنفحة بقي سائلاً ولم تتكون فيه علفة . وتبين التجارب أن الانفحة تحول جبنين اللبن الى آحوزات وهضمونات من جهة والى مادة تبقى منحلة تدعى مولد الجبن . ويتحول مولد الجبن الى جبن بفضل ملاح الكلس ، ويحمل هذا التفاعل ما يلي :

(١) جبنين + أنفحة = آحوزات وهضمونات + مولد جبن .

(٢) مولد جبن + ملاح كلس = علقه (جبن) .

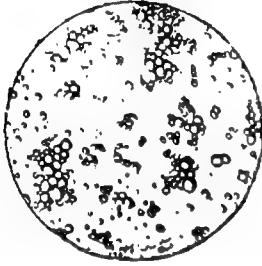
يتبين هكذا ان هضم اللبن يبدأ في المعدة بتأثير الانفحة فينفصل الى قسمين : علقه تبقى مدة في المعدن لتؤثر فيها الهضمين ، وسائل (مصل) يفرغ الى الامعاء سريعاً فلا يزعج المعدة بحجمه . (يمكن اجراء التجربة المخبرية امام الطلاب) .

الليياز المعدية : ذكر بعض العلماء وجود الليياز في عصارة المعدة التي تهضم الدسم

المستحلبة ، اي الدسم التي انقسمت الى قطيرات دسمة مجهرية معلقة في سائل ، كزبد اللبن ودهن المح « مح البيض » والخ ..

نتائج الهضم المعدي ، الكيموس : يطلق على

الاطعمة المجمعة في المعدة اسم الكيموس . وهو يشمل على :



شكل (٦)

نقطة من اللبن (حليب)
تحت المجهر

١-نشويات مخضبة بالاعاب الذي يكمل فعله فيها

٢-دسم لا يؤثر فيها- مؤثر في المعدة إلا

إذا كانت مستحلبة .

٣-آحوزات وهضمونات نشأت من هضم المواد الآحية .

٤-سكريات لا تفعل فيها عصارة المعدة (نشاء + سكر + سكر اللبن) .

٥-ماء وملاح معدنية .

ويكون الكيموس في البدء عجينة ثم يتميع تدريجياً مدفوعاً الى الفج بتقلصات المعدة .

ومضى انصب الكيموس في الفج ، ينطلق البواب . ويبقى مغلقاً حتى ينفث من

جديد بنفس الآلية ، وهكذا يخرج الكيموس من المعدة دفعات متوالية كما دخل اليها .

ويمكث الطعام في المعدة مدة تراوح ٢ - ٤ ساعات ، ولا يمكث اللبن فيها سوى

ساعة واحدة . وقد تنفرغ المعدة من انقم بدلاً من البواب ويسمى انقراغها

هذا قيئاً . وهو فعل انعكاسي يتقدمه حس مزعج يدعى القيئان . وينشأ من تقلص الحجاب

الحاجز وعضلات البطن تقلصاً مفاجئاً ، ومركزه في البصلة .

قيمة الهضم المعدي : استؤصلت المدة في كلاب وقطط ، وأطعمت هذه الحيوانات بعد ذلك أغذية مخدوعة خدعاً دقيقاً ، بكميات قليلة ، فلم يضطرب الهضم فيها . فاستنتج من ذلك أن الهضم المعدي غير ضروري ، ويقوم مقامه الهضم المعوي . وقد رأينا أن محصول الهضم المعدي غير قابل للامتصاص ، وأنه يحتوي على مواد انتقالية ما زالت بحاجة الى هضم وتحويل . ويستأصل اليوم القسم الأكبر من معدة الانسان فلا يحدث ذلك في هضمه اضطراراً يذكر .

الهضم المعوي

تتقدم الاغذية في الممي الدقيق بفضل الحركات الحولية ، وتعمل في طريقها ثلاثة أنواع من المصارات : المصاراة المشكلية والصفراء (عصارة الكبد) والمصاراة المعوية .
اولا - المصاراة المشكلية : يتم افراز المصاراة المشكلية ، بتأثير التنبيه الذي يحدثه الكيموس الحامض في مخاطية الفج ، اذ تفرز هذه المخاطية مقي لامستها عصارة المعدة الحامضة مادة تدعى الافرازين ، تمتصها الاوعية الدموية فتصل بطريق الدم الى المشكلة وتحض خلاياها على الافراز ، وهكذا تسيل من قناة المشكلة عصارة غزيرة ، وتطلق على المواد الحامضة على الافراز ، كالافرازين اسم الرسل أو الحاثات (الهرمونات) .

تركيبها : هي سائل لزج تفاعله قلوي ، يتفسخ بسرعة وتحتثره الحرارة ، ويحتوي على ماء (٩٠٠ بالالف) وملاح معدنية (كلورور وفوسفات وفحات قلوية) وأربع خمائر : خميرة النشا (اميلاز) وخميرة الشمير (مالتاز) وخميرة الدم (الليباز) والهضمين الثلاثية (تريسين) .

تأثيرها في الاغذية : المصاراة المشكلية ، أكبر المصارات الهاضمة شأناً ، وقد درس تأثيرها في الاغذية درساً تجريبياً (الهضم الاصطناعي) وثبت فيها يلي تأثير كل خميرة من خمائرها على حدة :

أ — تأثير خميرة النشا : تهضم هذه الخميرة المواد النشوية ، فتحولها أولاً الى عينيات ثم الى سكر شمير . ويشبه تأثيرها هذا تأثير خميرة اللعاب ، بيد أن خميرة النشا أقوى بكثير من خميرة اللعاب إذ يتناول تأثيرها النشا النقي ، الذي لا تؤثر فيه خميرة اللعاب .

ب - تأثير خميرة الشمير : تهضم هذه الخميرة سكر الشمير الحاصل من تأثير الخميرة السابقة فتحوله الى سكر عنب .

ج - تأثير الليياز : تهضم الليياز المواد الدسمة فتحولها في البدء الى مستحلبات ، فاذا أضفنا قطرة من عصارة المشكلة الى قليل من الزيت ، حصلنا على سائل أبيض لبني يسمى مستحلب الزيت ، وينشأ من انقسام ذرة الزيت عدد لا يحصى من الاقسام الدقيقة المجهرية التي تعطي للسائل لونه الأبيض ، ويصير اللبن (الحليب) مستحلباً زبدياً ، وتؤثر الليياز في هذه المستحلبات الدسمة فتحللها الى حلوين والى حموض دسمة مثلاً :

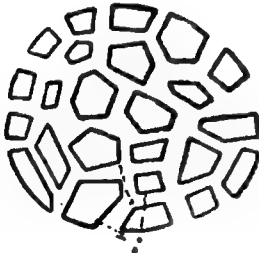


وتؤثر فحات الصوديوم الموجودة في العصارة المشكلية ، في قسم من هذه الحموض الدسمة فتحوله الى صابون مثلاً :



فلاحظ هكذا ان الدسم مستحلب وتنصين فتتحول الى حلوين وحموض دسمة وصابون . وسنرى فيما بعد الصفراء كسمل عمل الليياز المشكلية .

تأثير المضمين الثلاثية (التريبسين) : تؤثر هذه الخميرة في المواد الآزوتية ، فتشبه بذلك هضمين المدة بيد أنها أقوى منها بكثير ، وهي تحلل البروتينات الى أحوزات وهضمونات ثم تحولها الى حموض أمينية ، كما أنها تحلل أيضاً البروتينات النووية الى حموض أمينية والى حامض نووي .



شكل (٧)

عمل المضمين الثلاثية في المواد الآحية
١ - حموض أمينية (هضميدات)

وهكذا تهدم ذرة المواد الآحية الكبيرة هدماً تاماً تقريباً ، ونقول تقريباً لأن بمض الحموض الأمينية تقاوم تأثير هذه الخميرة ، وتسمى مضادات المضمين . ولا بد لنا هنا من ذكر شرطين أساسيين لا تؤثر المضمين الثلاثية بدونهما :

١ - وجود خميرة الامعاء وهي احدى خماثر
المصارة المموية : فاذا جمعنا عصارة مشكلية من قناة
المشكلة المبرزة مباشرة ووضعناها فوق مادة آزوتية

لم نلاحظ لها أي تأثير ، فإذا أضفنا إلى المزيج قليلاً من عصارة الأمعاء أنهضت المادة الآزوتية وتحللت .

يستنتج من ذلك أن في العصارة المشكلية مادة تولد الهضمين الثلاثية إذ أثرت فيها عصارة الأمعاء وتسمى هذه المادة مولد الهضمين الثلاثية ، وإن عصارة الأمعاء مادة تحول مولد الهضمين الثلاثية إلى هضمين ثلاثية ، ونسمي هذه المادة خميرة الأمعاء (انثروكيناز) ولنذكر أن مولد الهضمين الثلاثية غير فعال .

٢ — وجود الوسط القلوي أو المتدل : فالكيμος الآتي من المعدة حامض وتمعدل حموضته قلوية الصفراء ، وعندها فقط تؤثر فيه الهضمين الثلاثية .

شأن الهضم المشكلي : أن دور المشكلة في الهضم كبير جداً إذ رأينا أن عصارتها تؤثر في أنواع الاغذية كلها ، فإذا ربطنا القناتين المشكليتين في حيوان ومنعنا العصارة هكذا من الوصول إلى المعى فإن نصف الاطعمة أو أكثر يخرج كما هو بدون هضم ويهزل الحيوان سريعاً ، وإذا استؤصلت المشكلة استئصالاً تاماً زادت الاعراض السابقة ورافقها داء سكري (ديايت) قال :

ثانياً — عصارة الكبد (الصفراء) : هي سائل لزج خائط تفرزه الكبد ، لونه أصفر في الانسان ، تفاعله قلوي وطعمه كثير المرار . وتنصب الصفراء في المذج معق لأمس الكيμος أو المواد الدسمة مخاطية الأمعاء . وتعتبر الصفراء مجموعة من الفضلات يطرحها البدن بواسطة الكبد ، ونكتفي الآن بذكر تأثيراتها في الهضم ، إذ أنها على الرغم من تجردها من الحماض تلعب دوراً كبيراً فهي :

١ — تعدل بقلويتها حموضة الكيμος فتهد السبيل لعمل الهضمين الثلاثية :

٢ — تسهل عمل عصارة المشكلة في الدم ؛ إذ بوجودها تنشيط الليياز نشاطاً زائداً .

٣ — تنظم لامتصاص الدم ، فإذا حرمانا كلياً من صفرائه بفتح ناسور في مرارته فإن الدم التي يأكلها تنطرح في برازه بدون هضم ، وإذا أضفنا إلى طعامه صفراء مع الدم ، عاد هضمه لها طبيعياً . وهكذا يتضح أن عصارة المشكلة ، وعصارة الكبد تلزمان معاً لامتصاص المواد الدسمة ، وقد بين ذلك بوضوح كلود برنارد بتجربة في الأرنب ، حيث

جعل القناة المشكلية تصب لوحدها في الامعاء ، بعيداً عن مصب القناة الجامعة بما يقرب من ثلاثين سنتمتراً ، فوجد أن الدم لا تمتص الا في المنطقة التي تلي مصب القناتين ، كما وجد العالم داستر ، الذي نقل مصب القناة الجامعة في كلب الى الاسفل من مصب قناة المشكلة فيه ، أن امتصاص الدم لا يبدأ الا بعد مصب القناتين أيضاً .

٤ — تنبه حركة الامعاء الحوية وتفضي الى تقلص الرغابات المعوية تقلصاً يساعد على توسيف بشرة الامعاء البالية .

٥ — تلعب دوراً مضاداً للفساد فتمنع التفسخ وتلف الكثير من الجرائم .

ثالثاً — عصارة الامعاء : تفرزها غدد الامعاء التي لا تأخذ بالافراز الا متى لامس الكيموس الحامض مخاطية العفج :

تركيبها : عصارة الامعاء سائل خائط . تفاعله قلوي شديد ، يحتوي على ماء (٩٧٥ بالالف) واملاح معدنية (كلورور وفحات صوديوم) وخمائر كثيرة : منها خميرة الشعير (المالتاز) والسكراز أو القالين وخميرة اللبن (لاكتاز) ومنها اللياز والهدمين (اريسين) وخميرة الامعاء (انتروكيناز) .

تأثيرها في الاغذية : تحول خميرة الشعير سكر الشعير الى سكر عنب ، فتشابه بتأثيرها هذا خميرة الشعير المشكلية . وتحول خميرة اللبن سكر اللبن الى سكر عنب أيضاً وإلى غالاكتوز (وهو سكر مماثل لسكر العنب) ، وتحول القالين سكر المصان الى سكر عنب . وهكذا تتحول كافة السكريات بتأثير عصارة الامعاء الى سكر عنب أو الى سكريات من فصيلته ، قابلة كلها للامتصاص . أما اللياز فتصين الدم المستحلبة (كالقشدة ودسم الملح) . وأما الهدمين فتكحل هضم المواد الآزوتية فتحول ما هرب منها من تأثير الهضمين الثلاثة الى حموض آمينية . واخيراً تحول خميرة الامعاء مولد الهضمين الثلاثة الى هضمين ثلاثية فعالة .

نتيجة الهضم - الكيلوس : تتحول الاغذية الواردة الى الأمعاء ؛ بتأثير المصارات السابقة الذكر ، الى أغذية قابلة للامتصاص ، ونجمل هذه التحولات في القداد التالي :

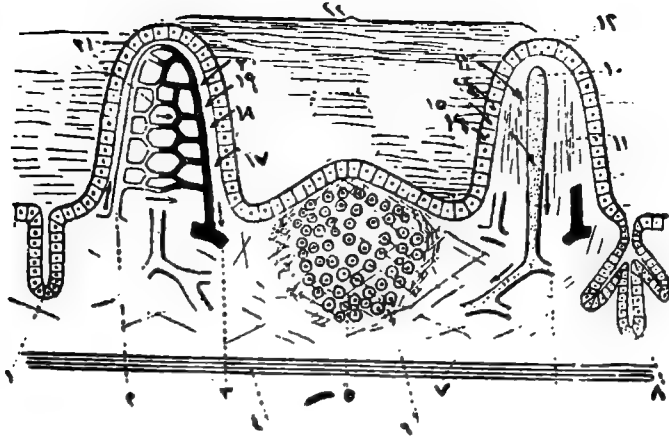
نوع الغذاء قبل الهضم	نوعه بعد الهضم
ماء	ماء
ملاح معدنية	ملاح معدنية
سكريات	سكر عنب (وفصيلته)
فيتامينات	فيتامينات
نشويات	عيمينات وسكر عنب
دسم	مستحلبات وحلويين وحموض دسمة وصابون
أغذية آزوتية	حموض آمينية

وتختلط هذه المواد المهضومة بالصفراء وبالمصارات الهاضمة الفائضة . وبالحايط وتفلسات البشرة البالية ، وبالفضلات غير المهضومة (كالسلولز) وبالجرائيم ، فيتكون من هذا المزيج سائل أبيض لبني (لوجود المستحلبات) يدعى الكيلوس ، وتسوقه حركات الامعاء الحولية التي تستيقظ بالانكاس ، نحو الدقاق ، ويظل قوامه تدريجياً ويقل مقداره ، لان الرغابات تمتص منه الاقسام السائلة والمغذية . وتقدر المدة التي تلبثها الاغذية في الامعاء بـ ٤ - ساعات تقريباً . ومتى وصلت هذه المواد الى نهاية الدقاق ، تكون قد غلظت وفقدت أكثر موادها المغذية ، فيطلق عليها اسم البراز أو الغائط ، وتعتبر هذه الفضلات المصراع الدقائي الاعوري الى الممي الغليظ ، حيث تمكث ما يقارب أربع وعشرين ساعة قبل أن تنطرح نهائياً من الشرج ، ويسمى انطراحها هذا « التغوط » وتنظمه تقلصات مصرة الشرج .

امتصاص الاغذية

تمتص عناصر الكيلوس المغذية في الممي الدقيق ، وتمر منه الى جهاز الدوران ، ويسمى امتصاصها هذا ، الامتصاص الهضمي أو المعوي .

بنية الجهاز الماص : رأينا أن بطاقة الامعاء فيها أوبار صغيرة تدعى الرغابات ،



شكل (١٠) زغابان معويتان ، امتصاص الكيلوس

١- غدة معوية ٢- شريان ٣- وريد ٤- عضلات دائرية ٥- جراب مسدود ٦- كريات بيض
٧- نسيج ضام ٨- غدة معوية ٩- اوعية كيلوسية ١٠- الوعاء الكيلوسي المركزي ١١- عضلات
١٢- بشرة معوية ١٣، ١٤، ١٥، ١٦- المواد الممتصة بطريق الاوعية الكيلوسية
١٣- المستحلبات ١٤- الحلوين ١٥- الحوامض الدسمة ١٦- الصابون ١٧، ١٨، ١٩، ٢٠- المواد
المتنصة بالطريق الدموية ١٧- المصل والآح ١٨- الحوامض الآمينية (الهضميات)
١٩- سكاكر العنب والملاح المعدنية ٢٠- الماء ٢١- شعيرات دموية ٢٢- الكيلوس .

وهي كثيرة في الصائم قليلة في الدقاق ومعدومة في المي الغليظ . وتكسو سطح
الزغابات بشرة الامعاء ، وهي بشرة خلاياها ذات طبق مخطط ، فيها هياكل حافلة
بالمصورات الحية ، وتعتبر هذه الخلايا أعضاء الامتصاص الحقيقية . أما الزغابة نفسها فتتألف
من محور ضام شبكي نشاهد فيه عضلات ملس تحرك الزغابة ، كما نشاهد فيه أيضاً أوعية
شعرية دموية مؤلفة من شعبة شريانية وشعبة وريدية ، وفي مركز المحور وعاء شعري بلغمي

يدعى الوعاء الكيلوسي المركزي .



آلية الامتصاص المعوي : تمتص خلايا بشرة الامعاء ، المواد الحاصلة نتيجة الهضم وقد ظن مدة طويلة ان الامتصاص يتم بالحلول البسيط فتمر الأغذية عبر غشاء الخلايا المعوية ، كما تمر عبر غشاء ميت كالرق . بيد أنه أثبت مؤخراً أن الامتصاص أعقد بكثير من ذلك ، اذ تقوم به خلية حبة ولحياتها شأن كبير في آلية الامتصاص . فهي تصطفي بعض المواد دون الاخرى .

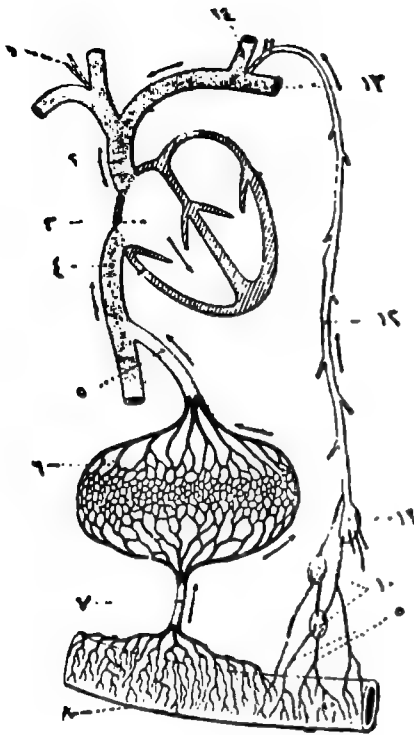
شكل (١١)

خلايا طبقية من بشرة الامعاء
١ - طبق مخطط ٢ - امعاء

طريقا الامتصاص : تسير المواد الممتصة ، أياً كانت طريق امتصاصها في طريقين :
الطريق البلغمية والطريق الدموية .

١ - الطريق البلغمية : تمر المستحلبات والحفوض الدسمة والصابون الى الوعاء الكيلوسي المركزي في الزغابة ، وتنتقل منه الى أوعية المساريقا البلغمية التي تصب في صهرج (باكّة) وفي القناة الصدرية ، ثم تساق بهذه القناة الى الوريد تحت الترقوة الايسر ومنه الى أذينة القلب اليمنى ، بواسطة الوريد الاجوف العلوي . وتدفع من القلب الى الدوران ، فاذا ضحينا حيواناً في أثناء الامتصاص وجدنا أوعيته البلغمية ممتلئة بيضاء ، يخرج منها ، اذا وخزت ، سائل أبيض لبني هو مستحلب الدم ، واذا كان الحيوان صائماً اختفت هذه الاوعية ولم تبد للعين المجردة ، وقد أطلق عليها الاقدمون اسم الاوعية الكيلوسية لاعتقادهم أن الكيلوس بكامله يمر فيها ، وتمتص الدم بشكل مستحلب دقيق الذرات تساعد على حدوثه أملاح الصفراء . أو بشكل حلوين وصابون وحفوض دسمة ، وتبدل محاطية الامعاء هذه المواد ، فتزجها وتركب منها دسماً جديدة خاصة بالانسان ، وتُشاهد بوضوح في أوعيته الكيلوسية ، فاذا وضعنا في عروة معوية صابوناً وحلويماً وحفوضاً دسمة امتصت ، وجدنا بعد مدة في أوعية الكيلوس مادة دسمة جديدة يدخل في تركيبها المواد السابقة الذكر ، نستنتج من ذلك أن خلايا بشرة الزغابات تركب الدم النوعية الخاصة ،

التي تطرح في الدم وتوزع الى جميع خلايا الجسم .



شكل (١٢)
طريقا الامتصاص

- ١- الوريد البلغمي الكبير ٢- الوريد الاجوف العلوي ٣- الاذينة اليمنى ٤- الوريد الاجوف السفلي ٥- الوريد فوق الكبد ٦- كبد ٧- وريد الباب ٨- المعى ٩- الاوعية الكيلوسية ١٠- عقد بلغمية ١١- صهرج باكة ١٢- اقناة الصدرية ١٣- الوريد تحت الترقوة الابر ١٤- الوريد الوداجي الابر .

٢- الطريق الدموية : يحدث الامتصاص أيضاً بالطريق الدموية ، بواسطة شريكات الزغابة الوريدية . فان ربط اقناة الصدرية لا يزعم انتغذية بيد أن ربط وريد الباب (وهو وريد تشترك في تأليفه الاوردة المعوية ويذهب الى الكبد) يوقفها تقريباً ، ونذكر فيها يلي المواد التي تمرر رأساً الى الدم بهذا الطريق :

- ١- الماء والملح المعدنية والفيتامينات فاذا مزجنا طعام حيوان بيود البوتاسيوم ، وجدنا هذه المادة بسرعة في دمه .

٢- سكر العنب : تزيد كمية سكر العنب في دم

وريد الباب زيادة كبيرة أثناء الامتصاص وتخزن الكبد هذه الزيادة بعد أن تحول سكر العنب الى مولد سكر عنب . وهكذا مها بلغت كمية السكر الواردة بالامتصاص ، تبقى نسبة السكر في الدم ثابتة (١٠٥ بالاف) .

٣- المحوض الآمينية : تمتص هذه المحوض كلها من الامعاء ولكننا لا نجد منها في الدم إلا أثرأ زهيداً ، ويعلل اختفاؤها بأن خلايا مخاطية الامعاء تسهلها لتضع منها مواد آحية جديدة خاصة بالانسان نجدها في الدم الجائل .

وتمر الاغذية التي امتصتها الشريكات الدموية الى الكبد ، بواسطة وريد الباب ، فتتحول

فيها ثم تخرج منها بالاوردة فوق الكبـد الى الوريد الاجوف السفلي ، ومنه الى الاذينة اليمنى في القلب ، ثم يوزعها القلب بالدوران الى سائر انحاء البدن . وعلى الرغم من وجود طريقين للامتصاص ، فان المواد المغذية تصل في النهاية الى غاية واحدة هي الدم (الوسط الداخلي) فتعده بالعناصر التي تسد حاجات الخلايا المختلفة في البدن .

يبدأ الامتصاص في المعدة ولكنه ضعيف يكاد يدرك ، كما أنه يستمر في المي الفليظ وقد أفادت هذه الخاصة في تغذية المرضى بمحقن شرجية مغذية ، على أن تكون المواد المحقونة قابلة للامتصاص مباشرة إذ ليست للمي الفليظ أية قدرة هاضمة .

والمواد الناتجة عن الامتصاص مواد مغذية ضرورية تفيد الجلد والعضلات والعظام والدماغ وكل عضو من أعضاء جسمنا .

١ — تفيد في ترميم الاجزاء المستهلكة منها ، فالحموض الأمينية ترمم السيتوبلازما .

٢ — تفيد في نموها وتكاثرها (الحموض الأمينية أيضاً) .

٣ — تفيد في التنفس (الاحتراقات) : فالسكريات والدهن تنشر القدرة والحرارة الآلية .



الدوران

نحمن نعلم أن التحول (المتحولة) يمش في الماء فيأخذ من محيطه الغذاء ومولد الحموضة ، ويطرح فيه الفضلات كغاز الكربون والبولة وغيرها ، فهو يبادل محيطه الغذاء بالفضلات . وكشاهد هذه المبادلة المزدوجة في كل خلية حية . ولما كانت اعضاءنا مؤلفة من عدد كبير من الخلايا المفصولة عن المحيط الخارجي ، كان لا بد لها من وسيط دوار ينقل الى خلاياها الغذاء ومولد الحموضة من الوسط الخارجي ، كما يوصل الى العكس الى هذا الوسط فضلاتها ومفرغاتها . وقد اطلق العالم كلود برنارد على هذا الوسيط الدوار اسم الوسط الداخلي وهو مركب من سائلين . الدم والبلغم .
وهما يوزعان الهرمونات في الجسم كما يدافعان عنه كلما داهمته الهجمات الجرثومية .

— الدم —

خواصه الفيزيائية : الدم سائل أحمر لزج ، طعمه ملح وتفاعله قلوي ، ويقدر وزنه

$\frac{1}{13}$ من وزن البدن تقريباً فتكون كميته خمس لترات تقريباً في انسان وزن ٦٥ كغ .

تركيبه : إذا دققنا في نقطة دم عبيط بالمجهر ، رأينا أنها مؤلفة من كريات (٤٥٪) معلقة في سائل يسمى المصورة (٥٥٪) . ولعزل المصورة عن الكريات نعمل الى التجربة التالية :

نأخذ دم حيوان (حصان مثلاً) ونضيف اليه قليل من الحمضات (اوكسالات) ونتركه في وعاء عدة ساعات فترى أن الكريات المحرتهبط الى قعر الالاء وترسب عليها الكريات البيضاء يملوها سائل أصفر هو المصورة .

فيبدو الدم هكذا كنسيج ضام خلاياه الكريات ومادته الخلالية سائلة تدعى المصورة .

١ -- كريات الدم

١ -- الكريات الحمراء : تبدو الكريات الحمراء بالمجهر ، في دم البشري والثدييات عامة ،



بشكل أقراص مدورة مقعرة
الوجهين قطرها ٧ صغ، وتحتنها
الوسطي صغيران ، أما لونها
فمصفرة اذا كانت منفردة ،
واحمر اذا كانت متكثلة .



الكريات الحمراء
١ - انخفاض ٢ - وجه
٣ - جانب
كريات حمراء في طير
١ - نواة

خواصها: الكريات الحمراء
مرنة تستطيع أن تجتاز أوعية دموية ضيقة من قطرها
فتتطاول ويصنق قطرها ، ثم تعود الى شكلها فيما بعد ، وهي أيضاً

لزجة . وكثيراً ما تشاهد ملتصقة متراصة كعمد الدنانير . واذا وضعت في محلول ملح
كثافته أدنى من (٨ بالالف) فانها تنتفخ في متفجر ، فيحدث انحلال الدم . واذا وضعت
في محلول ملح كثيف (١٠ أكثر من ٩ بالالف) ، فانها تنكمش ويصغر حجمها ، وتحتفظ
بحجمها اذا كان محلول الملح بنسبة $\frac{8-9}{1000}$ أي بكثافة تعادل كثافة مصورة الدم ، ويسمى

هذا المحلول محلولاً متساوي التوتر .

عددها : يبلغ عدد الكريات الحمراء في الم^٣ الواحد ٥ ملايين كرية
ويختلف هذا العدد باختلاف الارتفاع عن سطح البحر . ففي الاماكن التي
يبلغ ارتفاعها الف متر تمتد الكريات الحمراء ستة ملايين في الم^٣ ، ويزداد عددها بازدياد
الارتفاع . وقد علل بعضهم هذا التزايد بنقص الهواء الجوي ، او نقص مولد الحوضه
وتخلخله في الاماكن المرتفعة ، وعلة أخرى بتكاثف الدم . وقد ينقص عدد الكريات
فيسمى نقصها قلة الدم . ويبلغ هذا العدد ٣ ملايين في فاقات الدم الخطرة ويقل أكثر

من ذلك في فاقات الدم الخبيثة وتقدر كتلة الكريات الحمراء بـ ٤٠٪ من كتلة الدم الكاملة .

تركيبها : يحيط بالكرية الحمراء غشاء رقيق مرن ، وهي تتركب من كربين : وهي مادة آحية عديمة اللون ، تكون صقل (هيكل) الكرية الهبيولي ، ونسبتها الى كتلة الكرية $\frac{2}{10}$.

ومن الخضاب (خضاب الدم الاحمر) ونسبته $\frac{8}{10}$.

خضاب الدم : هو مادة بروتيديّة ، تخضب صقل الكرية الهبيولي بلون أحمر ونحتوي هذه المادة الآزوتية على حديد تبلغ كميته في كتلة الدم كلها (٥ لترات) ٢-٣ غرامات والحديد ضروري لتكوين الخضاب ، لذا كانت الادوية الحديدية مناسبة في علاج فاقات الدم ويتحلل خضاب الدم متى عولج بالمحوض أو الاسس ، الى مادة آحينية لالون لها تدعى الكروين . ومادة ملونة سمراء تدعى الدمين هياتين .

خواص الخضاب : ١- يتحد مع مولد الحموضة بضغط فيكون مادة تدعى حمض خضاب الدم وهي مادة حمراء قرمزية غير ثابتة التركيب . واذا قل مقدار مولد الحموضة حولها تحللت الى مولد حموضة وخضاب (خضاب مرجع) .

٢- فاذا طلي جدار حوالة من الزجاج بالدم بدا بلون أحمر فاقع جميل لتحمض خضاب الدم فيه بتناس مولد حموضة الهواء . واذا ولدنا في الحوالة غاز الكربون ، انقلب لون الدم عاتماً وهو لون فحم الخضاب . وكذلك اذا عومل محلول خضاب الدم الحمض (محلول الدم في الماء المقطر) بمادة مرجعة (كبريت الامونيوم مثلاً) رجع الى خضاب دم مرجع . ويكون لون الدم في البدن أحمر عاتماً (الدم الاسود) . متى كانت خضابه مرجعاً ، وأحمر فاتحاً متى كان خضابه محضاً (الدم الاحمر) .

٣- ويتحد خضاب الدم بسهولة باكسيد الفحم (CO) ، فيكون خضاب الدم المفحم

ذا اللون الاحمر القانيء ، وهو مركب ثابت لا يتحلل الا بصموية فائقة ، لذا كان اكسيد الفحم بالنسبة الى الدم سماً زعافاً يؤدي الى الموت اختناقاً .
وأخيراً يستطيع الخضاب أن يتحد بغاز الكربون (CO_2) فيكون فحم الخضاب وهو جسم غير ثابت قليل الكية . وقد يتم هذا الاتحاد بين غاز الكربون والكربوين فقط دون الخضاب .

وظيفة الكريات الحمراء : ١ - في الرئتين : يتحد الخضاب بتهاس الاسناخ الرئوية بمولد حموضة الهواء ، فينقلب الى خضاب محمض ، وهكذا يرد الدم الى الرئتين عاتماً ويغدو قاتلاً .

٢ - في الانسجة : يصل الخضاب المحمض بالدوران الى الانسجة ، فيترك لها قسماً من مولد حموضته . وينقلب دماً عاتماً . ثم يمود مسرعاً الى الرئتين ليتحمض من جديد .
فالكرات الحمراء اذن تنقل مولد الحموضة من الاسناخ الرئوية الى النسج ، فهي حمالة تحمل مولد الحموضة .

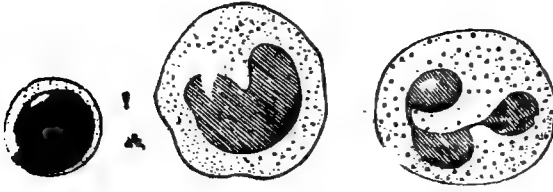
منشؤها : تنشأ الكريات الحمراء في الكهل من خلايا خاصة منواة توسق تدريجياً بالخضاب ثم تفقد نواتها وتأخذ شكلها النهائي ، ويتم ذلك في نقي العظام (الخلايا المولدة لكرات الدم) .

تلف الكريات الحمراء : تعيش الكريات الحمراء نحو مائة يوم ، ويتلف منها في كل دقيقة (٢٠٠٠٠٠) كرية في السنتيمتر المكعب الواحد من الدم ، وتقوم بإبادتها الكريات البيض في شمريات الطحال والكبد . وقد أثبت ان ياقوت الصفراء ، أحد الاصبغة التي تفرزها الكبد ، ينشأ من تحلل الكريات التالفة .

الكريات البيضاء : تشاهد في قطرة الدم بالمجهر ، الى جانب الكريات الحمراء ، كريات بيضاء ، وهي خلايا حية لا لون لها ، لامعة كروية أو ذات محيط متبدل غير منتظم ، لها نواة وهي على أنواع :

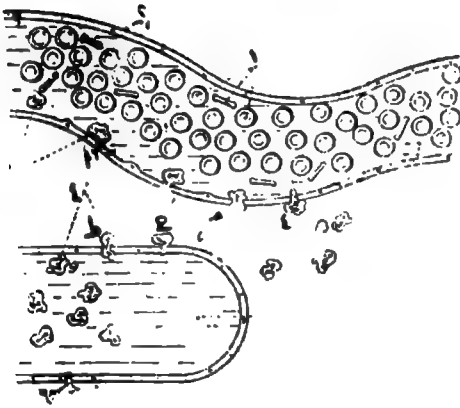
١ - الكريات وحيدة النواة : وهي كريات هيولاهاشفاة زجاجية المنظر لاجيبيات فيها ،

ونواة مدورة كبيرة ، بعضها صغير قطرها ٧ صغ يسمى البلغميات (لنفوسيت) وبعضها كبير قطره ٢٠ صغ تقريباً
يسمى ذو النواة الكبيرة المفردة .



(شكل ١٧) كريات بيض

من اليسار الى اليمين : بلغمية ، وحيدة نواة كبيرة ، كثيرة نوى



(شكل ١٨)

انسلال الكريات البيض من الشعيرات

- ١ - كريات حمراء ٢ - وعاء شعري ٣ - دم
 - ٤، ٥ - كريات بيض ٦ - وعاء شعري بلغمي
 - ٧ - بلغم أ ، ب ، ج ، د ، هـ ، ط ، ح ، ر
- أدوار الانسلال .

٢ - الكريات كثيرة النوى : (أو الخلايا النقية)
وتتميز من السابقة بهيولائها الجيبية ونواتها المفصصة أو المشرشرة ، ويقدر قطرها بعشرة صفيحات .
عددها : يبلغ عدد الكريات البيض في السنتر المكعب الواحد سبعة آلاف كرية تقريباً فتكون نسبتها الى الكريات الحمراء كرية بيضاء واحدة لكل ٧٠٠ كرية حمراء ، أما كتلتها فتقدر بـ ٠.٥٪ من مجموع كتلة الدم .

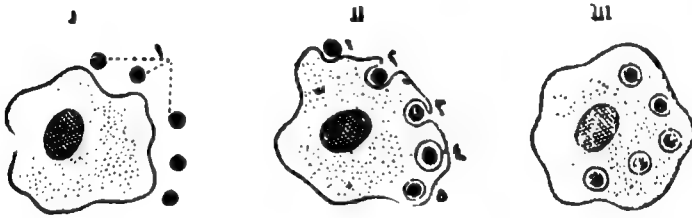
خواصها : تشبه الكريات البيض المتحولات شهاً كبيراً ، فهي (ولا سيما الخلايا النقية منها) تتحرك مثلها حركة

متحوية بواسطة أرجل كاذبة ترسلها الهيولى الى اتجاه معين فتلتبث فيها ، ثم تلتحق بها بكامل

بنها . وبفضل هذه الحركات تستطيع الكريات البيض أن تتقدم ، مما كسب لتيار الدم ، زحفاً على سطح الاوعية الدموية الباطن .

وتستطيع الكرية البيضاء اجتياز جدار الاوعية الشعرية منسلة بين خيلتين فتبعدهما عن بعضها لتمر ، ثم ترجعان الى ما كانتا عليه . وتسمى هذه الحادثة (الانسلا) وهي خاصة تسمح بهجرة الكريات البيض من الدم الى النسيج الضامة وسائر انحاء البدن ، كما تسمح للكريات المهاجرة بالعودة الى الدم ، وهكذا فان حياة الكريات البيض ليست مرتبطة حتماً بالدم فهي تتركه وتنتقل الى النسيج ، وقد سميت فيها الخلايا المهاجرة . ولا بد من وجود مولد الحموضة لاجراء هذه الحركات .

والكريات البيض حساسة كالتحولات أيضاً ، فتجذبها بعض المواد كذيفانات (سموم) الجراثيم وتدفعها مواد أخرى كالقول ، وقد سمينا تأثير المواد فيها (بالجذب) فهو موجب أو سالب بحسب نوع المادة . وتتغذى الكريات البيض بالبلعمة كالتحولات ، والبلعمة هي التهام الخلية اجزاء غريبة عنها فتتسل الكرية البيضاء أرجلاً كاذبة تحيط بالمادة أو بالجراثيم ، ثم تقلص الارجل فتدخل المادة الى هيولاها وتحيطها بفجوة هاضمة ثم تهضمها .



(شكل ١٩) البلعمة

١ — حبيبات ملونة ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ أدوار البلعمة

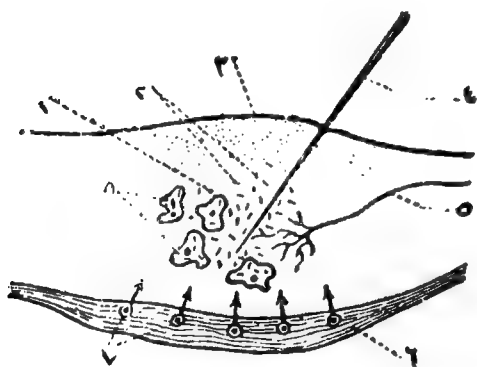
منشؤها : تنشأ الكريات وحدة النواة في العقد البلقمية وفي الاجربة المعوية المسدودة

وفي الطحال ، وتنشأ النقيات في تقي العظام . وقد سميت الاعضاء التي تتكون فيها الكريات البيض الاعضاء نظيرة البلغم .

وظائفها : الكريات البيضاء عناصر نشيطة جداً تقوم بأدوار مختلفة :

١ — فهي الرماسة في البدن تدفن الخلايا الميتة أو المتلفة ثم تحربها وتبتلع اشلاءها. مثلاً يرشح الدم ، في الحدمات الدموية الرضية ، في النسيج الضامة ، فتتلف كريات الحمر وتحيط بها الكريات البيض وتأخذ بابتلاعها تدريجياً ، وهكذا تزول الحدة بعد مدة تقوم الكريات البيضاء أيضاً برفع الانقاص ، كما انها تهضم النسيج الفصروي في أثناء التعظم ليحل محله النسيج العظمي .

٢ — تدافع الكريات البيضاء عن البدن فتدفع عنه شر الجرائم وسومها ، وذلك بفضل البلعمة . فالبلعمة اذاً سلاح البدن الطبيعي في كفاحه ضد الامراض السارية ، وهي تحدث أيضاً بعد وخز ليرة أو شوكة من خشب ، ملوثة ببقار الهواء . فتتسلل الجرائم مع



(شكل ٢٠)

الالتهاب والانسلال والبلعمة

١ — قبيح ٢ — جرائم ٣ — جلد ٤ — ليرة

٥ — عصب ٦ — وعاء دموي متسع

٧ و ٨ — كريات بيضاء

الابرة الى النسيج تحت الجلد، حيث تجد غذاء جيداً من الدم والبلغم ، فتتكاثر فيه وتفرز حول نفسها مفرزات سامة احياناً ، تخرش اعصاب الناحية ، تخربشاً يفضي بالانكسار ، الى توسيع قطر الشرايين فيها ، فيتوارد الدم بكثرة الى تلك الناحية فتحمر وتسخن وتصبح مؤلمة ، ويطلق على هذه الحادثة اسم الالتهاب . وتفسل الكريات البيض من الاوعية منجذبة بمفرزات الجرائم جذباً كيميائياً موجباً حتى تصل اليها فتحيط بها وتبتلعها . وقد يطول النزاع في بعض الحالات ، فتصنع الجرائم

سموماً ضد الكريات البيض وخلايا البدن الاخرى ، فتميت بعضاً منها ، ويتحون من جثثها وجثث الجرائم ومفرزاتها ، سائل قشدي أبيض مائل الى الصفرة يسمى القيح ، أو الصديد .

وقد تصد الجرائم هجمات الكريات البيض الاولى هذه وتكاثر ، ثم تهاجم البدن فتصل الى العقد البلغمية وتكاثر الكريات البيض في هذه العقد بسرعة فائقة ، فتكبر العقد وتؤلّم ، وقد تنتقل الممركة اليها نفسها فيكبر حجمها وتؤلّم أكثر فأكثر وقد تفتيح . وقد يجوز الجرثوم هذه العقد ويصل الى الكبد ، فاذا جازء أصبحت الممركة عامة في سائر انحاء البدن ونسجه ، ويحدث تجرثم الدم ، وهو آفة قاتلة في كثير من الحالات .

وتفرز الكريات البيض في هذه المارك ، مواد مضادة لسموم الجرائم ، نطلق عليها اسم الترياق . وقد استند الى هذه الخاصة في صنع اللقاحات والمصول .

الصفائح الدموية : تصادف في الدم عدا الكريات البيض والحمرة ، عناصر صلبة أخرى تدعى الصفائح ، وهي أقراص صغيرة محدبة الوجهين ، وكفيد في التخرأذ تتحرر منها بعد تخرجها خيرة الترومبو كيناز ، كما تلتصق بالجرائم فترصها كتلاً ثم تجرها الى الشبكات الشعرية حيث تبتلع .

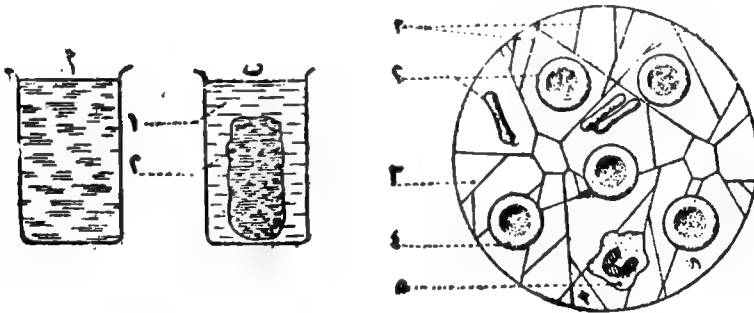


٢ - المصورة والمصل

تخثر الدم

لنضع قطرة دم على صفيحة من الزجاج تحت المجهر ، ولننتظر مدة ثم لنفحصها ، فنلاحظ أن أليافاً دقيقة ظهرت بين الكريات ، وقد سميت المادة المكونة لهذه الألياف ، بسبب شكلها (الليفين) ولستنتج من هذه الملاحظة ان في مصورة الدم مادة منحلة اسمها مولد الليفين ، تولد الليفين ونسبتها في المصورة ٤ بالالف ، أما السائل الباقي من المصورة بعد تكون الليفين فيسمى المصل ، فالمصورة اذا مركبة من مولد ليفين ومصل ، والمصل سائل أصفر رائق يؤلف ٥٥٪ من كتلة الدم .

١ - مولد الليفين وتخثر الدم . يصنع مولد الليفين في الكبد ، وهو مادة آحينية تشبه آح البيض ، توجد منحلة في مصورة الدم وتولد متى توفرت لها بعض الشروط مادة الليفين غير المنحلة فتسبب تخثر الدم . فاذا جمعنا في اناء زجاجي دم حيوان ، شاهدناه بعد دقائق من جمعه ينقلب كتلة جامدة ونسبي انقلابه هذا (التخثر) ، وتنكش هذه



(شكل ٢٢) تخثر الدم
 أ - الدم المتخثر بكامله
 ب - انفصال الطلقة
 ١ - مصل ٢ - علقه

(شكل ٢١)
 ١ - ليفين ٢ و ٤ كريات حمراء
 ٣ = مصل ٥ - كرية بيضاء

الكتلة بمد ساعات ، وتطلق على سطحها سائلا مصفراً هو المصل . أما الكتلة المذكشة فتدعى الملققة ، وهي حمراء مؤلفة من شبكة الليفين التي جمعت في عيونها « بين أليافها » كريات الدم الحمراء والبيضاء . والليفين مادة آزوتية بيضاء ليفية ، كيتها في الدم قبللة لا تجوز الفرامين في الليتر .

التخثر : لا يتخثر الدم عادة في باطن الاوعية انما يساعد على تحثره :

أ — لمسه جدران الاواني التي يجمع فيها ، فاذا طليت هذه الجدران بالبارافين ابطأ التخثر ابطاءً كبيراً .

ب — لمسه شفقي الجرح الذي ينصب منه ، فاذا أدخلنا الى الوريد في عنق طير ، أنوباً زجاجياً مطلياً بالبارافين ، وجعلنا الدم ينصب منه بدون ان يلامس شفقي الجرح ، فان التخثر يبطئ ايضاً ببطء كبيراً .

وبسرع التخثر الغول وفوق كلور الحديد ، وكلاهما مرفق يستعمل في علاج النزوف كما يسرعه ايضاً القطن القواب (الجاذب للماء) . وقد يحدث التخثر في بعض من الحالات في باطن الاوعية ، فتسد الملققة الوعاء . حينئذ ، ويفضي ذلك الى موت موضعي في المنطقة التي كان يرويها الوعاء المنسد ، وقد تجري الخثرة في الاوعية فتدعى الصامة ، وتصل الى القلب ثم تنطلق منه حتى تصل الى أوعية ضيقة القطر فتسدها ، وإذا كان الوعاء المسدود من الاوعية التي تروي المناطق الدماغية الهامة ، أو تروي القلب ، حدث الموت المفاجيء أو الفالج والنخ... ويمنع التخثر باضافة بعض المواد الى الدم ، ككلور الصوديوم وكبريتات الصوديوم وليمونات الصوديوم والسكر وخلاصة رؤوس الطلق والنخ...

وظيفة التخثر : ان تخثر الدم عمل دفاعي ضد النزوف ، فتسد الملققة أو الخثرة فوهة الجرح بسرعة ، وترقأ النزف ، ولا يحدث التخثر في مرض الناعور (هيموفيليا) ، ولذا كانت الجروح فيه شديدة الخطر إذ يموت المريض من النزف الذي لا يرقئه علاج .

ثانياً — المصل : للحصول على المصل يترك الدم ليتخثر فتتفصل الملققة وترسب ويطفو المصل فتستنشفه بماصة .

خواص المصل وتركيبه : المصل سائل مصفر كهربائي ، قلوي التفاعل ، تركيبه :
يشتمل الليتر الواحد منه على ٩٠٠ غ ماء ، ومن ١٠٠ غ مواد صلبة تذكر منها :

١ — المواد الآحينية : (٨٠ غراماً) ، وهي مؤلفة من مصلين ومن كبريت .
٢ — الملاح المعدنية : منها كلور الصوديوم (٥ غ) وملاح مختلفة أخرى (كلورور
وفسفات وفحات قلوية) . وتنشأ قلوية الدم من وجود فحات الصوديوم وفسفاته فيه
أما كثافة المصل الملحية ، فتعادل تقريباً كثافة محلول ملح الطعام في الماء بنسبة $\frac{8-9}{1000}$
لذا يسمى محلول ملح الطعام بهذه النسبة ، المصل الفيزيولوجي (الفريزي) وهو يزرق في
الدم في النزوف الغزيرة لاصلاح حالة النزيف .

٣ — حاصلات الهضم : كسكر العنب ونسبته ثابتة دائماً ، وتقدر بـ ١٥ غ في
الاف تقريباً .

٤ — الفضلات : كالبولة (اوره) وحامض البول والكولسترين .
٥ — الخثار : وهي خميرة نشا وخميرة شعير وخميرة حالة للسكر وخميرة حالة للدم والخ.
٦ — الحامضات : وهي مفرزات الغدد الصم كالقطرين « الادرنالين » والافرازين الخ.
٧ — الغازات : كغاز الآزوت ومولد الحموضة ، وغاز الكربون وتقدر كميتها
بـ ٦٠٠ سم^٣ في الليتر ، والخلاصة يتألف المصل من محلول آحي ملح فيه محمولات الهضم
وفضلات البدن .

وظائف المصورة : تلعب المصورة دوراً أساسياً في التغذية ، فهي تتوسط بين الاعضاء
التي تغذيها ، فتتلقى محمولات الهضم وتوزعها على الاعضاء بحسب حاجة كل منها ، وتجمع
الفضلات (كالبولة وحامض البول) وتنقلها إلى أجهزة الاطراح (الكليتان وغدد المرق
والخ ..) التي تطرحها خارج البدن ، كما أنها تنظم أفعال التغذية وتسهر على تنسيقها
وتنشطها بما فيها من حثات ، وهكذا تجد الاعضاء في هذا الوسط الداخلي كل ما تحتاج اليه
من مواد ، كما تنخلص بواسطته من فضلاتها . أما بنية هذا الوسط العامة فتأثر بآثاراً :

أ — على كتلته فيعوض بسرعة ما يفقده بالنزف ، أو بالمرق الفزير .
ب — على كثافة الملمية ، فيطرح بالكيتين ما زاد من الملح الوارد اليه . أو يستبقى ماء ،
ليمدده . ولا تبدل الحمية عن الملح من كثافته شيئاً ، فيبقى دائماً متساوي التوتر ليضمن
حياة الكريات فيه .

ج — على نوعيته ، فلا يسمح بأي تبدل في مواده الآحية .

نقل الدم : ينقل الدم من انسان الى آخر بعد النزوف الفزيرة (١ — ٢ لتر) وفي
فاقات الدم الخبيثة ، وفي الامراض الانتانية لتقوية البدن . وبعد فصادة غزيرة كما في عقب
الانسام بحمض الفحم أو الفطور السامة ، ويشترط في نقل الدم ان لا ترص كريات المعطي
بمصل دم الآخذ . فهي عملية ذات شأن يستدعي شخص مختص لقيام بها .

وقد حسنت طرق نقل الدم اليوم تحسناً كبيراً فاصبح كشف نوع الزمر سهلاً ونقل
الدم بسيطاً ، وقد حقق حفظ دماء الجثث ونقلها ، كما استطيع تجفيف الدم هباء لحله
واستعماله حين الحاجة ، وقد افادت هذه الطرق في الحروب في تخليص حياة العدد الكبير
من الجرحى .

غازات الدم : يشتمل الدم على مولد الحموضة وغاز الكربون (CO_2) وعلى قليل
من الآزوت .

أما مولد الحموضة فيكون في الدم على حالتين منحللاً ، وهو قليل جداً (٠,٢٩ سم^٣
في ١٠٠ سم^٣ من الدم) أو متحداً مع خضاب الدم (٢٠ سم^٣ تقريباً في كل ١٠٠ سم^٣)
فيكون حمض خضاب الدم وهو مركب غير ثابت . وتقدر كمية مولد الحموضة التي تتحد
بفرام واحد من الخضاب بـ ١,٣٤ سم^٣ .

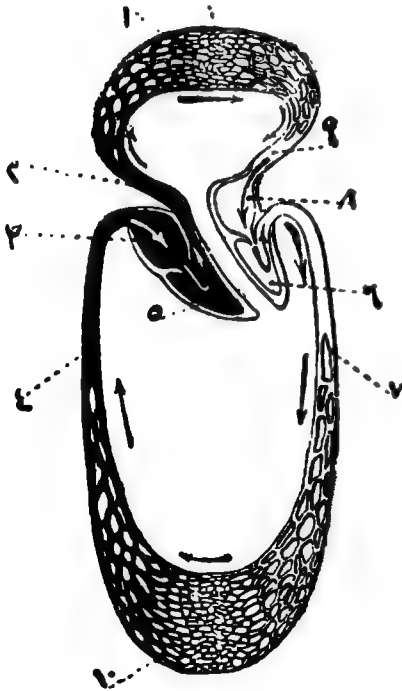
وأما غاز الكربون فيكون في الدم ايضاً على حالتين ، متحداً وحرراً : أما المتحد فيكون
اتحاداً بالمواد القلوية (٥٠ ٪ منه) وبخاصة بفحمات الصوديوم وفصفاً فيكون ثاني فحمات
الصوديوم وفصفو فحماتها ، أو يتحد بهيولينيات الدم وبخاصة بالخضاب (٤٥ ٪) فيكون

فحم الخضاب وهو مركب غير ثابت ، أما غاز الكربون الحر فنسبته قليلة (٥ ٪) .

وهكذا فإن حمض خضاب الدم وفحم خضاب الدم وثنائي فحات الصوديوم ، وفصفو فحات الصوديوم مركبات غير ثابتة ، تتحلل بسهولة وتلعب دوراً كبيراً في المبادلات الغازية في الرئة والنسج .

الدائرة الدموية

الدوران دورتان : دورة كبرى ودورة صغرى (دوران الدم القاني ، ودوران الدم العاتم « الاسود ») . وهو تام لان كل نقطة من نقاط الدم ترسم دورة كاملة تامة فتخرج من البطين الايسر بالوتين وتعود اليه بمد أن تدور الدورتين .



الدورة الصغرى : ويسمى بعضها بمضهم دورة الدم العاتم . يخرج الدم فيها من الاذينة اليمنى الى البطين الايمن ثم يندفع الى الشريان الرئوي فالرئتين . ويفقد في الشعريات الرئوية قسماً من غاز الكربون ويكسب قسماً من مواد الحموضة فيتحول الى دم قاني . ويمود الى الاذينة

١ - شعريات عامة ٢ - شريان رئوي ٣ - أذينة
٤ - وريد أجوف ٥ - بطين أيمن ٦ - بطين
٧ - وتين ٨ - أذينة يسرى ٩ - وريد
١٠ - شعريات عامة (في الاعضاء) .

شكل (٢٣) ترسيم الدوران في الانسان

اليسرى » وقد كشف هذه الدورة ميشال سيرفة في العام ١٥٥٣ .

الدورة الكبرى : يندفع الدم القانيء فيها من البطين الايسر الى الوتين ويصل بالشرايين الى الاعضاء حيث ينتشر بواسطة الشعريات العامة وهنا يفقد قسماً من مولد حموضته ومواده المغذية ويحفل بالفضلات كغاز الكربون والبولة فيتحول الى دم عاتم ثم يعود بطريق الوريدات فالاوردة فالاجوفين الى الاذينة اليمنى ، وقد كشف هذه الدورة هارفي في العام ١٦٢٨ ، وبين مالبيكي في العام ١٦٦١ بواسطة المجهر مرور الدم من الشرايين الى الاوردة بواسطة الشعريات .

نستنتج من ذلك أن الشرايين تحوي في الدورة الصغرى دماً عاتماً وان الاوردة تحوي فيها دماً قانياً ، وتكون الحال على عكس ما ذكر ، في الدورة الكبرى حيث تحوي الشرايين دماً قانياً ، وتحوي الاوردة دماً عاتماً .



النبات

الغرائز النباتية

نظرة عامة على أحداث التغذية :

يتأثر النبات كالحیوان بالوسط الخارجی . فهو یقتض منه دوماً مواد خاصة كأغذية له ، فيحولها بمعمليات عديدة معقدة الى مركبات مختلفة : يستعمل قسماً منها في تشكيل وازدهار خلايا أخرى جديدة ، كما يستخدم قسماً آخر في عمليات اصطناع عدد كبير من المنتجات كالنشاء والسكريات والحموض المختلفة ... الخ .

ولهذه المواد مصادر أساسيان : الاول مركب يستمد من الأرض بواسطة الجذور ، ويتألف من المواد المعدنية المنحلة كالفسفات والآزوت والكبريتات ... الخ . أما الثاني فهو بسيط غازي كمولد الحموضة وبلا ماء الفحم ، يستمد النبات من الهواء الخارجی .

التغذي بالمواد المعدنية

تتناول النباتات الأغذية اللازمة لحفظ حياتها ونموها من الوسط الخارجی المحيط بها ، شأنها في ذلك شأن الحيوانات التي تغذي بالمواد المعدنية والعضوية في حين ان النباتات الخضراء لا تتغذى الا بالمواد المعدنية فقط .

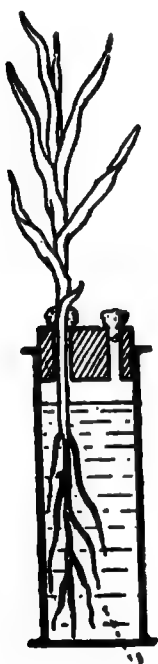
تعيين الاغذية المعدنية اللازمة للنبات : وتستعمل لذلك طريقتان : ١ — طريقة التحليل ، ٢ — طريقة التركيب .

١ — طريقة التحليل : وتقوم هذه الطريقة الكيميائية البحتة على تحليل النبات لمعرفة العناصر الأساسية التي يتركب منها . ويكون ذلك بتكسية ، أي حرقه في مكان محصور ، وفحص الغازات المنتشرة منه وتحليلها ، ثم تحليل رماده الباقي من هذا التلكس . ومن الملاحظ أنه من اللازم أن يتوفر في غذاء النبات أكثر العناصر البسيطة الأساسية التي يتألف منها ، وهذه العناصر تتمثل بأثني عشر عنصراً : الفحم ، مولد الماء ، مولد

الحوضه ، الآزوت ، الكبريت ، الفوسفور ، الكلور ، السيليسيوم ، البوتاسيوم ، الكالسيوم ، الماغنسيوم ، الحديد . أما الصوديوم واليود والبروم والمافنايز والنحاس والتوتياء فيعتبر وجودها ثانوياً .

الا أنه لا بد من مراقبة نتائج طريقة التحليل ، بطريقة أخرى هي طريقة التركيب ، إذ أن الاولى لا تكفي لتعيين نوع المركبات والاتحادات التي تكون عليها هذه العناصر في النباتات الحية ، كما أنه قد تصادف في النبات بعض العناصر غير الضرورية لنموه .

— طريقة التوكيب : دشن هذه الطريقة العالم (باستور) ، واستعملها (رولان) وهي طريقة قديمة لا شائبة فيها . وتعتمد هذه الطريقة على أساس تهيئة أوساط مغذية مختلفة يوضع فيها نبات ما ويلاحظ نموه فيها . ثم يؤخذ الوسط الذي نما النبات فيه أكثر من غيره فتحذف منه بعض العناصر ويدرس ما أحدثه هذا الحذف في نمو النبات . وبالتكرار والتجارب توصل العلماء الى تعيين العناصر الاساسية الضرورية وتمييزها من العناصر الثانوية . ونذكر فيما يلي نموذجين من هذه الاوساط الاصطناعية وهما : مستنبت ساكس وكنوب ، ومستنبت رولان :



مستنبت ساكس وكنوب : هو محلول معدني ينمو فيه النبات الاخضر في الثور نمواً كاملاً ، وأجريت في هذا المحلول تجارب عدة نلخصها بما يأتي :

تستنبت بذرة بصورة طاهرة (منعاً للجراثيم) الى أن تنتش ، ثم يجعل جذر نباتها الصغير في اناء معقم مملوء بالمحلول المعدني المذكور المعقم ايضاً فينمو النبات ويزهر ثم يثمر وفيما يلي تركيب المحلول :

ماء مقطر	١٠٠٠ غرام	آزوتات الكالسيوم	١ غرام
آزوتات البوتاسيوم	٠.٢٥ غ	فوسفات البوتاسيوم الحامضة	٠.٢٥ غ
كبريتات الماغنسيوم	٠.٢٥ غ	فوسفات الحديد	٠.٢٥ غ

وهذا المستنبت سائل معدني لا أثر للفحم فيه وسرى فيما بمد كيف يتناول
النبات الاخضر الفحم اللازم له من غاز فحم الهواء بتأثير النور ، أي حادثة
التمثل اليخضوري .

أما النباتات غير الخضراء كالفطور مثلاً فمنها لا تكفي بالسائل المعدني ، عما يجب أن
يضاف الفحم الى غذائها بشكل مواد عضوية كالسكاكر ، لأن هذه النباتات عاجزة
عن تناول غاز الفحم من الهواء مباشرة . وقد أجرى العالم رولان تجارب على نبات غير
أخضر كامفقات وخاصة العفن الأسود الذي يكثر في الليمون فزرع بذيراته في
سائل خاص واستحصل منه بعد عشرة أيام على (٢٥) غ من العفن . وفيما يلي تركيب
سائل رولان :

ماء مقطر	١٥٠٠ غ	سكر	٧٠ غ
حمض الطرطر	٤	آزوتات النشادر	٤
فوسفات البوتاسيوم	٠,٦٠	فحات البوتاسيوم	٠,٦٠
فحات الماغزيوم	٠,٤٠	كبريتات النشادر	٠,٢٥
كبريتات الحديد	٠,٠٧	كبريتات التوتياء	٠,٠٧
نملات البوتاسيوم	٠,٠٧	فحات المانغانيز	٠,٠٤

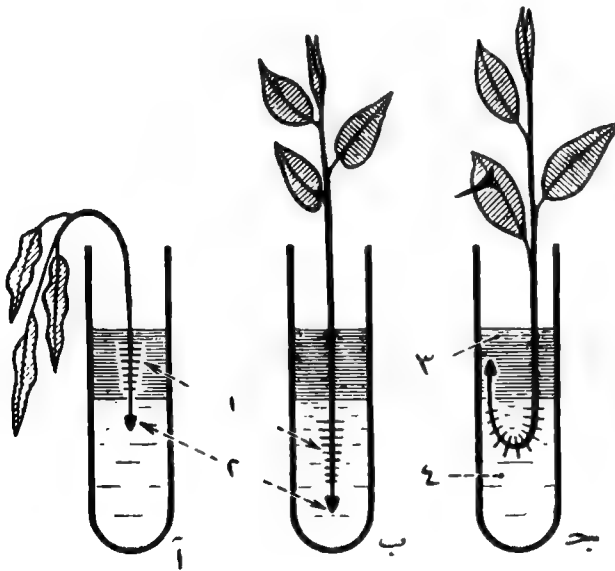
واستنتج نهائياً ، من تكرار هذه التجارب أن النباتات الخضراء تحتاج الى ثلاثة عشر
عنصر بسيط أساسي كستدركها من الماء والاملاح المعدنية وغاز فحم الهواء ومولد الحموضة
أما النباتات المجردة من اليخضور فتحتاج لنفس العناصر ماعدا الكالسيوم والبور ، وكستدرك
حاجتها من الماء والاملاح المعدنية والمواد العضوية ومولد حموضة الهواء .

امتصاص الاغذية ودورها

تتمص جميع أجزاء النبات النفوذة ولا سيما الاوراق منها ، غاز الكربون كما سنرى فيما بعد . أما الجذور فتمتص ماء التربة مع الاملاح المعدنية المنحلة فيه — ويشكل هذا السائل (الماء والاملاح المنحلة فيه) النسغ الناقص الذي يجري في الاوعية الخشبية داخل النبات .

١ - الامتصاص

- ١ - مقر الامتصاص : ١ — يعيش النبات بشكل نظامي إذا غرس في تربة رطبة ، ولكنه يذبل ويحفر اذا اقتلع مع جذوره ، ثم سرعان ماتدب به الحياة وينمو حين نغمر جذوره في محلول معدني ، فالجذور اذن هي أعضاء الامتصاص .
- ٢ - تجربة : لنضع ثلاث نباتات (آ، ب، ج) في ثلاثة أنابيب تحتوي على سائل معدني تملوه



(شكل ٢٢٢)

تجربة تبين امتصاص الاغذية بواسطة الاوبار الماصة
١ - منطقة وريية ٢ - قلنسوة ٣ - زيت ٤ - ماء

طبقة من الزيت منمأ
للتبخر ، ولنغمر قلنسوة
النبته آ وحدها في الماء ،
ونغمر القلنسوة مع
الاورار الماصة من النبته
ب في الماء ايضاً ، ونغمر
كذلك الجذر في النبته
ج ونجمله معقوفاً بحيث
تبقى الاوبار الماصة لوحدها
في الماء . فنشاهد
بعد حين ذبول النبته آ
واستمرار الحياة في
النبتين ب و ج .

فالأوبار الماصة اذن تمتص لوحدها المحلول المعدني دون سواها . ولشتمل منطقة الأوبار الماصة على سطح واسع جداً يساعد على نفوذ الاغذية بسرعة في منطقة تماسها معها؛ وهذا يذكرنا بسطوح الامتصاص الواسعة في الرئتين بفضل الحويصلات الرئوية ، وفي الامعاء بفضل الزغابات المعوية .

ب - آلية الامتصاص : ١ - امتصاص الماء : لناخذ نباتات فنية من القمح ، وقد نمت في سائل كنوب ونغمر جذورها في محلول مركز من نترات البوتاسيوم فنلاحظ بعد مدة أنها أخذت بالذبول . وذلك لأن امتصاص الماء قد توقف فيها بسبب ارتفاع تركيز الوسط المائع الذي غمرت فيه الجذور . وهذا يدل على ان امتصاص الماء يحدث بفضل عملية التناضح .

شكل (٢٢٣)

امتصاص الماء بواسطة الاوبار الماصة

١ - جزيئات التراب

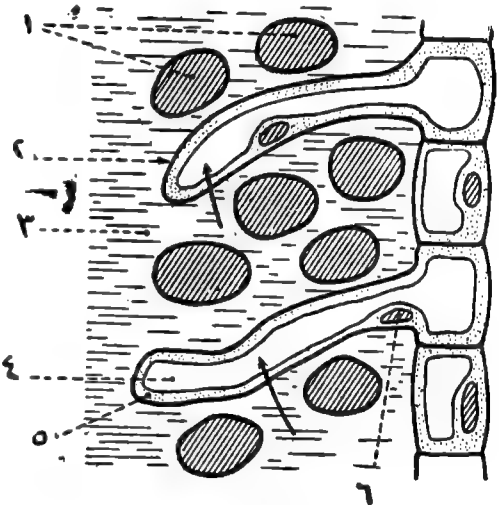
٢ - وبرة ماصة

٣ - ماء

٤ - فجوة

٥ - سيتوبلازما

٦ - نواة



فالوبرة الماصة هي خلية استطالت وتشكلت فيها فجوة مركزية كبيرة ، تحوي عصارة فجوية ذات تركيز أكبر من تركيز الوسط المائع الذي توجد فيه الجذور (يكون الوسط المائي بين ذرات التربة . أو هو المحلول المغذي المصطنع) . وينتقل الماء لهذا السبب من الوسط القليل التركيز ، الى الوسط الأكثر تركيزاً - أي من الوسط الخارجي نحو العصارة الفجوية . ويكون العمل منعكساً في التجربة السابقة ، وهذا ما أدى الى ذبول النبات .

فامتصاص الماء بواسطة الجذر ، يخضع اذن لظاهرة فيزيائية هي التناضح (الحلول) .
١ - امتصاص الاملاح المعدنية : تنفذ الاملاح المعدنية ، وهي منحلة في الماء ، من طبقة الاوبار الماصة ، هذه الطبقة التي لا تسمح بنفوذ جميع الاملاح بنسبة واحدة ، لانها تقوم بعملية الاصطفاء أو الانتخاب . فالجذر يتتقي بمض الاملاح دون سواها فيمتص بعضها بسرعة اكبر من غيرها .

امتصاص الاملاح غير القابلة للانحلال : تمتص الجذور الاملاح المنحلة في الماء فقط أما بعض المواد الصلبة غير القابلة للانحلال في الماء (كالاحجار الكلسية ، وفوسفات الكلس) فتستطيع الجذور ان تحملها وبذلك تتمكن من امتصاصها كما يتضح من التجربة التالية :
لندع بعض حبات الفول تنبت على لوحة من رخام قد علاها طبقة من الرمل المبلل ، فنلاحظ ان الجذور قد أخذت تحفر في الرخام اتلاماً . بتفاوت عمقها حسب حل الجذور لمادة فحات الكالسيوم التي تتركب منها اللوحة المذكورة . ويحصل ذلك ايضاً في مادة الفوسفوريت غير المنحلة ، حيث يحولها النبات الى شكل قابل للامتصاص . وتعود مقدرة الجذور على حل هذه المواد الى افراز حوامض لم تعرف طبيعتها الى الآن ، ويحتمل بأن غاز الفحم الناتج من تنفس الجذور قد يساهم في ظاهرة الحل هذه ولا سيما في حل فحات الكالسيوم .

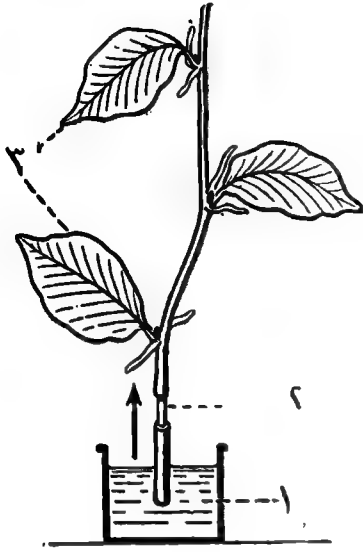
٢ - النسغ الناقص : تتوزع الاملاح الممتصة في خلايا قشرة الجذر ، وتصل مع الماء الى الاوعية الخشبية حيث تشكل النسغ الناقص . ويعتبر النسغ الناقص محلولاً ممدداً جداً من الاملاح المعدنية ، فهو يحتوي وسطياً ١ غ من الاملاح في كل ٣ - ٥ لترات من الماء .

٢ - دوران النسغ الناقص

التجارب العملية :

أ - صمود النسغ الناقص بواسطة الاوعية الخشبية : ونبين ذلك بالتجارب التالية :

١ - تقطع القشرة واللحاء في ساق قطعاً دائرياً بشكل حلقة دون أن تمس الخشب ويدعى ذلك بالتقشير الحلقي .



شكل (٢٢٤)

تجربة التقشير الحلقي

١ - ماء

٢ - تقشير حلقي

٣ - اوراق غير ذابلة

فنشاهد أن الأوراق التي تقع فوق التقشير هذا لا تذبل بل تستمر في الحياة لأنها تتلقى النسغ الناقص من الخشب .

٢ - لنضع قاعدة الغصن الذي أجرينا عليه التقشير الحلقي في محلول الفوكسين فنجد أن المحلول هذا قد صعد في الغصن وتلونت أوعيته الخشبية بالاحمر .

٣ - لنقطع غصناً مورقاً ونغسل قاعدته في البارافين المصهور مدة دقيقة واحدة ، فتراها تصعد الى ارتفاع بضعة مليمترات في الاوعية الخشبية بفضل الحادثة الشعرية ، ثم تتجمد وتسد الاوعية المذكورة .

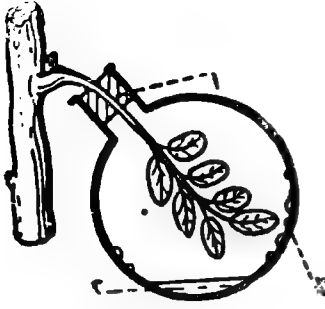
ثم ننظف سطح المقطع بواسطة الموسى لازالة طبقة البارافين التي سدت القشرة واللحاء والمخ - ثم لنغسل الغصن في الماء فنلاحظ أن الغصن يذبل لان الماء لم يتمكن من الصعود فيه .

فصعود النسغ الناقص اذن يتم بواسطة الاوعية الخشبية وحدها دون سواها تقريباً .

ب - سرعة صعود النسغ الناقص : لقد تبين بنتيجة القياسات أن سرعة صعود النسغ الناقص تختلف من نبات لآخر ، فهي في نبات التبغ مثلاً ام في الساعة . وفي نبات الكرمة ١،٢٠ م في الساعة .

النتح أو الانفضاج

١ - مصدر الماء المنتوح : النتح هو عملية خروج بخار الماء الزائد في النسغ ، ذلك الماء الذي استعمل في جريان المواد المعدنية من الأرض حتى الاوراق . اذ أن هذه الاملاح



شكل (٢٧) الانفصاج (تجربة الحوجله)
١- سدادة ٢- ماء متكاثف ٣- قطيرات

لم يمتصها الجذر الا بهيأة محاليل مائية ممدودة جداً (غالباً غرام واحد في ٤ - ٥ اترات ماء)
فاذا ما وصلت هذه الكمية من الماء الى الاوراق ، انتهت مهمتها وأصبحت فائضة ووجب طرحها الى الخارج ، تتحاً بهيأة بخار ماء . وقد يطرح أحياناً بهيأة قطيرات ، ومن هنا فقط يطلق على هذه العملية اسم التمرق .

٢ - قياس شدة النتج : يمكن قياس كمية الماء المطروحة من نبات ما ، في وقت معين .

طريقة القارورة : يوضع غصن مورق في قارورة ملئت ماءً ، يخترقها أنبوب مدرج وذو رأس مدبب ، وملئ بالماء لسوية معينة . فالغصن يمتص ماء القارورة ، وينتجه للخارج ، فاذا ما كانت القارورة محكمة الاغلاق أمكن الحكم بان نقصان كمية ماء القارورة لا يمكن أن يحدث الا عن طريق النتج وان كمية الماء التي نقصت في الانبوب تعادل كمية الماء المنتوحة وهناك طرق أخرى لا مجال لبحثها هنا .

٣ - خروج بخار الماء: يخرج بخار الماء عبر القشيرة التي تغطي بشرة وجهي الصفيحة ، ومن المسام الهوائية ، ولنعلم أن النتج عبر القشيرة ضعيف جداً في الاوراق الكهلة نظراً لثخن قشيرتها التي تصبح ، والحال هذه ، عديمة النفوذ تقريباً . أما الاوراق الفتية فذات قشيرة رقيقة جداً وقابلة للنفوذ .

أما خروج الماء من المسام الهوائية فهو الهام جداً في النباتات الهوائية ذات الاوراق الكهلة . ويكفي لاثبات خروج الماء من مسام بشرة هذه الاوراق التجربة البسيطة التالية : تبلل ورقة بمحلول كلور الكوبالت بنسبة ٤ ٪ . ثم تجفف فتصبح الورقة زرقاء ، فاذا ما وضعناها على الوجه السفلي لورقة خضراء تصبح زهرية اللون (حيث ينشر بخار الماء) .

ان عملية النتح تفسر لنا أهمية مسح وغسل أوراق النباتات بين مدة وأخرى ضماناً لحدوث عملية النتح ، لأن الاوساخ والغبار من شأنها أن تسد المسام الهوائية التي تلعب الدور الاكبر في حادثة النتح .

د - تغير نسبة النتح : لا يكون النتح دوماً بشدة واحدة ، فهو يتغير ليس باختلاف نحن القشيرة ، أو عدد المسام الهوائية فحسب ، بل يختلف حسب كثرة الماء في الارض . ويختلف أيضاً حسب كثافة العصارة الخلوية ، وأخيراً ، هنالك عدة عوامل خارجية تؤثر في شدة النتح : كالحرارة ، والرطوبة ، وحركة الهواء ، والضياء ، كما أن شدة النتح تتناسب ايضاً مع غنى الاوراق بمادة اليخضور ، فالحرارة تسرع في النتح ، وأما الرطوبة الجوية فذات تأثير عكسي ، وحركة الهواء تزيد في قوة النتح ، أما الضياء فيزيد في شدته

ه - اختلاف النتح طيلة النهار : اذا ما قيست كمية بخار الماء المتصاعدة من نبات ما في ساعات مختلفة من اليوم ، على أن تبقى درجة الرطوبة ثابتة ومدى تحرك الهواء ثابت ايضاً ، يلاحظ أن هذه الكميات تأخذ بالتزايد ابتداءً من شروق الشمس حتى الساعة الثالثة مساءً حيث يبلغ النتح أقصى شدته . ثم تبدأ الكميات بالتناقص سريعاً من الساعة الثالثة حتى الساعة السادسة مساءً . أما أثناء الليل فيبقى النتح ضعيفاً . وهذا التبدل تابع للحرارة وضوء الشمس إذ هما العاملان الرئيسيان فيه .



تغذي النباتات الأخضر بالكربون

النمثل اليخضور

الصباغات النباتية : تقسم الصباغات النباتية الى ثلاث زمر أساسية ، حسب لونها وتركيبها الكيميائي :

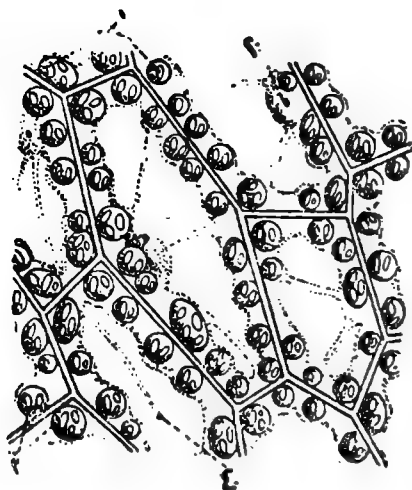
١ — اليخضور ، ويتوضع في جسيمات خاصة هي جسيمات اليخضور وهي التي تكسب الأعضاء النباتية لونها الاخضر الزاهي .

٢ — الصباغات الجذرية : ولها صبغ اليخضور وتتوضع في جسيمات خاصة . وهي التي تكسب الثمار والازهار ألوانها المختلفة من أصفر ، وبرتقالي وأحمر .

٣ — الصباغات الخاصة بالزهور والأوراق : وهي التي تكسب الألوان الزرقاء والوردية والأرجوانية للزهار وبعض الثمار ، كالعنب والكرز ... وبعض الأوراق أيضاً . لقد دلت التحريات الكيميائية العضوية أن الكربون يدخل بنسبة كبيرة جداً في تركيب النباتات (٤٥ ٪) تقريباً لستعمده النباتات الأخضر من غاز الكربون (CO_2) . والنبات الأخضر المعرض للنور خاصة يتمكن بواسطتها من امتصاص غاز الكربون من الهواء ، فيحلله طارحاً مولد الحموضة مثبتاً الكربون ، صانفاً من ذلك المواد السكرية وذلك بفضل وجود صباغ خاص أخضر في خلاياه هو اليخضور . فلنبحث في هذه المادة الصبغية .

اليخضور

مادة خضراء ، تنتشر في السوق (خاصة المشبية) لا أثر لها في الفطور والجراثيم . وفي بعض باديات الازهار المفقنة والطفيلية كمش الطائر . وتكسب هذه النباتات لونها الاخضر ، تتوضع هذه المادة في الحبيبات الخضر المنتشرة في خلايا النسيج الخاص



شكل (٢٩) الحبيبات الخضر في ورقة طحلب
١ - حبات نشاء ٢ - نواة ٣ - حبيبات
خضر ٤ - هيولى

وخاصة النسيج الجبائي للأوراق . أما أشكالها
فمعددة وتختلف باختلاف النباتات : فهي غالباً
مدورة أو تأخذ شكل شريط بزالي (حلزوني)
كما في الأشنيات .

صبغات الحبيبات الخضر : ليست المادة
التي تصبغ الأوراق بخضوراً تقياً بل يخضور
مشوب بمواد أخرى فإذا نقت أوراق الاسفاناج
(سبانخ) مدة (٢٤) ساعة في الخلون أو كلور
النمل ، أو في الفول حصلنا على محلول أخضر
هو محلول اليخضور غير النقي الذي انتشر من
حبيبات اليخضور التي تفقد لونها (طريقة
استحصال اليخضور المشوب) (تجربة) .

وبالتحليل وجد أن اليخضور ، المستحصل بهذه الطريقة ، وهو مؤلف من اجتماع ثلاث
صبغات : يخضور نقي ، ويصفور ، وجزرين ، ويطلق على هذين الصباغين الأخيرين
ومشتقاتهما اسم الصباغات الجزرية .

اليخضور النقي : يستر الحبة الخضراء ، اذ هو اكثر الصباغات انتشاراً فيها ، ويقوم
وحده بالعمل المنسوب اليه ألا وهو التمثيل اليخضوري ، ويتركب كيميائياً من الكربون
والهيدروجين ، ومولد الحوضة والآزوت يضاف إلى ذلك الماغنسيوم الذي وجد في رماده .
وإن فقد هذا المعدن من غذاء النباتات يحدث فيها اصفرار الأوراق ، صفرة إلى
البياض . وتقدر كمية اليخضور المشوب في (١٠٠) غ من مسحوق الأوراق المجففة بقرام
واحد ، منها (٠.٨) غ من اليخضور النقي .

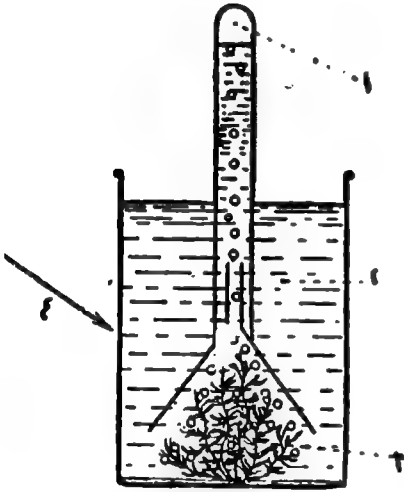
يتألف اليخضور النقي من مزيج نوعين من اليخضور : يخضور (آ) ورمزه
($C_{55} O_{72} O_5 N_4 Mg$) اذا حل كان لونه أزرق يميل الى الاخضر . ويخضور (ب)

ورمزه ($C_{55} H_{70} O_6 N_4 Mg$) اذا حل كان لونه أخضر ونسبتها الى بعضها نسبة $\frac{3}{1}$.

التمثيل اليخضوري المبادلات الغازية اليخضورية أو التركيب الضوئي

طبيعة الحادثة : لبيان هذه الظاهرة نجري تجربتين التاليتين :

١ - في نبات مائي : لناخذ حوضاً من الزجاج فيه ماء سلتز الذي يحوي كمية كبيرة



من غاز (CO_2) المنحل ، ولنضع فيه قمماً زجاجياً مليء بالماء نفسه ولننكسه فوق نبات مائي أخضر كمدس الماء مثلاً . ثم لناخذ انبوباً زجاجياً مليء بالماء نفسه ولننكسه على الحوض جاعلين ذنب القمع في لمعة الانبوب ولنعرض الجهاز الى النور ، فنلاحظ فقاعات غازية تخرج من الأوراق منطلقة في الانبوب المنكس ، متجمعة بعد مدة . ويمكن كشف هذا بكواشفه التي تبين أنه مولد حموضة .

شكل (٣٠)

٢ - في نبات هوائي : لنضع نباتاً أخضر

تجربة تبين عمل اليخضور (التمثيل)

تحت فانوس زجاجي مطلق أضيف الى هوائه كمية من غاز (CO_2) ولنعرض الفانوس الى نور الشمس مدة ، ثم لنحلل نموذجاً من هواء

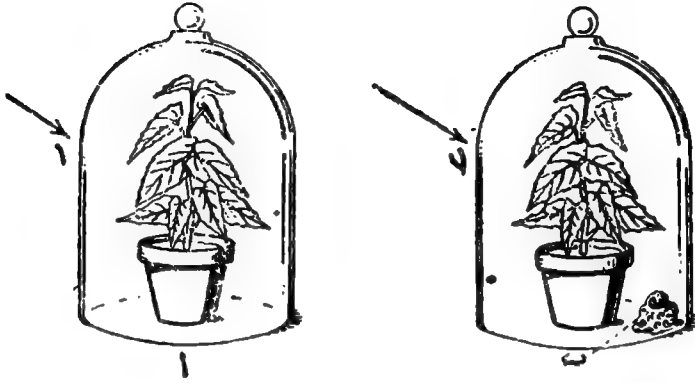
١ - مولد حموضة ٢ - ماء سلتز

٣ - نبات أخضر ٤ - نور

الفانوس فنجد أن هذا الهواء قد فقد بلاماء الفحم وكسب مولد الحموضة . أما النبات نفسه فيزيد وزنه بقدر الفحم الموجود في (CO_2) المستنشق .

شروط هذه المبادلة : لا يمكن أن تتم هذه المبادلة إلا ضمن ثلاثة شروط : وجود

اليخضور، وجود بلاماء الفحم، والنور، فالتجربتان السابقتان لاتعطيان أية نتيجة،
فإذا أجريتا في الظلام أو إذا كان النبات المستعمل مجرداً من اليخضور (فطور مثلاً)
أو إذا كان وسط النبات خالياً من غاز الكربون .



شكل (٣١) فصل التنفس عن التمثيل (طريقة التحدير)

أ - النبات يتنفس ويمثل ١ - النور الوارد

ب - النبات يتنفس فقط (لوجود اسفنجة كلور النمل الى جانبه)

شدة التمثيل . يطلق هذا الاسم على كمية مولد الحموضة المنطلقة أو كمية بلاماء الفحم
المنتجة من قبل نبات أخضر في مدة معينة . وتتأثر هذه الكمية بمجموعة من العوامل أهمها :
الحرارة وكثافة ماء الكربون والنور ، وكمية الماء واليخضور في النبات ، وكمية مولد
الحموضة في الوسط الذي يعيش فيه النبات ، وأخيراً حالة هيولى الخلايا .

١ - الحرارة : يكون التمثيل ضعيفاً في درجة الصفر (خلا بعض الاستثناءات
للنباتات الجبلية الباردة) . وأفضل الدرجات ملائمة بين (٣٥ - ٤٠ °) ويضعف فوق
ذلك اذ ينعدم في التحسين مئوية .

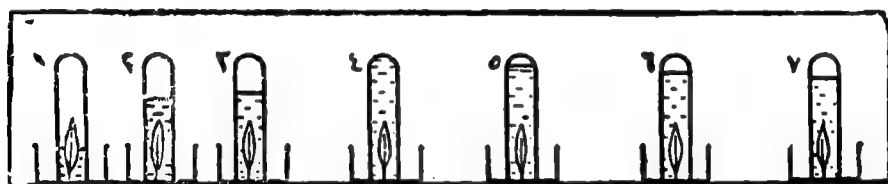
٢ - كثافة بلاماء الفحم في الهواء : يزيد التمثيل بزيادة بلاماء الفحم في الهواء ،
وأحسن نسبة يجب أن توجد في وسط النبات (٥ - ٨ ٪) ولا تتوفر هذه النسبة الا
تجريبياً ، اذ في الهواء لا تتجاوز هذه النسبة ٠.٣ ٪ .

٣ — النور : للنور تأثير كبير في حادثة التمثل اليخضوري ، من حيث الشدة اولا ، ومن حيث نوع الاشعة ثانياً .

شدة النور : ينعدم التمثل في الليل ويزيد في النهار . أما درجة التنوير التي يكون فيها التمثل اليخضوري على أشده فتختلف باختلاف النباتات . وهكذا يفقد النبات فحماً في الليل بسبب التنفس ، ويكسب فحماً في النهار بالتمثل ولكن كسبه أكثر من خسارته بمشر مرآت ، لذا يتراكم الفحم فيه ويصنع منه مركباته .

تأثير الاشعة : لا يتم التمثل الا بوجود الاشعة الحمراء والبرتقالية والزرقاء والبنفسجية وبثبت ذلك بالتجربة التالية :

ينثر شعاع شمسي بموشور ، وتستقبل الاشعة المنتثرة على منصدة يوضع فوقها في منطقة كل لون من الألوان وعاء زجاجي فيه نبات اخضر مغمور بماء سلتز ومغطى بقمع منكس على قمره انبوب مملوء بالماء . فيلاحظ أن فقاعات غازية تتكون على أوراق النباتات في منطقة الاحمر والبرتقالي والأصفر والنيلى والأزرق والبنفسجي . وتنطلق هذه الغازات متجمعة في الأنابيب المنكسة على الأقناع واصكبرها كمية ما انطلق منها في منطقة الاحمر . أما منطقة الاخضر فلا فقاعة في انبوعها . ومن البديهي ان يكون الغاز المنطلق مولد الحموضة .



شكل (٣٢) ثبات تأثير نوع الاشعاعات الضوئية في التمثل اليخضوري بطريقة الطيف

١ - الاشعة الحمراء ٢ - البرتقالية ٣ - الصفراء ٤ - الخضراء (لا يوجد في الانبوب غاز)
٥ - الزرقاء ٦ - النيلية ٧ - البنفسجية

٤ — تأثير اليخضور والماء : لا بد لحدوث التمثل اليخضوري من وجود حد معين

أدنى من اليخضور ، كما لا بد من وجود حد معين و كمية مطلوبة من الماء لأن الجفاف لا يخرب الانسجة و يوقف فيها أية مبادلة .

هـ - مولد الحموضة : لا يتم التمثل الا بوجود مولد الحموضة في محيط النبات ، وحذفه يوقف فعل التمثل .

٦ - تأثير حال الهيولى : ان وضع النبات مدة طويلة في النور يتعب الهىولى ، ومتى تعب فان شدة المبادلات اليخضورية تضعف أيضاً بدورها .

ولنلاحظ أخيراً ، نتيجة لما سبق ان تنظيم شدة التمثل اليخضوري يؤول الصامل الخارجى الذي يكون في حد أو نسبة أدنى من حدود زملائه .

المعامل التمثلي اليخضوري : هو نسبة حجم مولد الحموضة ، المنتشر الى حجم بلاماء الفحم الممتص ($\frac{O_2}{CO_2}$) . وهو في الغالب يساوي واحداً ، وقد يزيد فيبلغ ١٠٠٦ كما في الكستنا ، و ١٠٣ في القمح . ومن هنا يستدل على ان مولد الحموضة المنطرح لا ينشأ من تحلل (CO_2) فقط وانما ينشأ قسم منه من تحلل مواد محضنة أخرى كالنترات مثلاً .

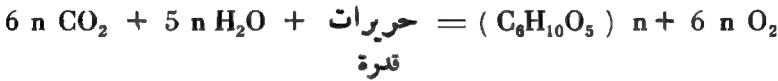
ولنعلم أن خارج القسمة هذا ثابت لا يتغير ولا يتبدل مها كانت حال النبات الفريزية وأياً كانت شرائط وسطه .



تأج التركيب الضوئي

يتم تشكيل السكريات نتيجة لنشاط التركيب الضوئي في نسج الاوراق .

ويمثل النشاء المرحلة الطبيعية لهذا التركيب اليخضوري عند كثير من النباتات الخضراء ، فهو موجوده في الاعضاء برهان حقيقي يميز لحدوث التركيب الضوئي ونلخص هذه الظاهرة بالمعادلة التالية :



إلا أن كثيراً من النباتات ذات الفلقة الواحدة (كالسوسن والخزامى والنجيليات) لا تحتوي أوراقها المعرضة للنور على نشاء ابدأ ، بل نجد فيها سكريات منحلّة في الفجوات (كالفلوكوز ، والليفولوز وخاصة السكاروز) وجميع هذه السكريات هي نتيجة لحدوث التركيب الضوئي .

ويعبر عن تركيب الفلوكوز بالتفاعل التالي :



ولكن هذا التفاعل مع التفاعل السابق ، لا يدلان على الظاهرة الا بصورة اجمالية ، وذلك لأن طرف المعادلة الاول لا يمثل سوى المرحلة البدائية منها ، بينما يمثل طرفها الثاني المرحلة النهائية لها . وما التركيب الضوئي الا سلسلة معقدة جداً من التفاعلات الكيميائية العديدة .

اصطناع المواد العضوية الاخرى

في النباتات اليخضورية

١ - اصطناع البروتينات (الاحيات) : ينجم تركيب ذرات البروتينات الضخمة على وكس النترات التي يمتصها النبات من التربة ، ويحدث هذا التركيب في الجذور وفي الاوراق .

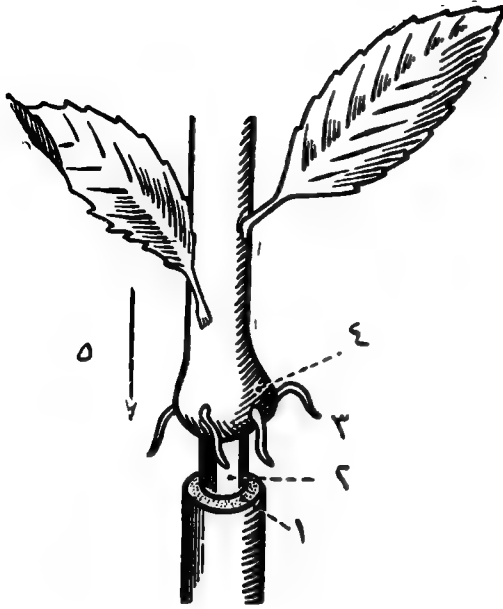
في الجذور ترجع النترات ثم تتحول الى مركبات نشادرية تتحد مع السكريات الناتجة عن التركيب الضوئي وتشكل البروتينات . أما في الاوراق فلا يحدث هذا التحول الا تحت تأثير النور فترجع النترات ثم تتحول الى مركبات نشادرية تتحد مع قسم من طليعة الجسم العضوي (وهو ليس من السكريات ، ولكنه يعتبر أول جسم يتشكل بنتيجة التركيب الضوئي) فتحصل البروتينات ، كما ينتج عن القسم الآخر سكريات .

٢ - اصطناع الشحوم : يزداد اصطناع الشحوم في البذور والاعمار الزيتية ، ويكون تكوينها على وكس السكريات (لا تحوي البذور الزيتية الفتيه إلا سكريات فقط تزول بالتدريج في دور النضوج وتحمل معها الشحوم كلها زالت) .

النسج المحضر ودورانه

يفقد النسج الناقص في الاوراق كمية من مائه بالانفصاج والتمرق ، وبكسب بالتركيب الضوئي مواد عضوية جديدة ، وخاصة السكريات والبروتينات فينقلب الى نسج مفذ أو محضر ، يتوزع الى سائر انحاء النبات فينفذه ، وتسهل انحلال بعض مواد هذا النسج خمائر خاصة ، فالنشا يتحول الى مالتوز بفعل خميرة خاصة ، وهذا ينقلب بدوره الى غلوكوز ينحل في الماء ويهاجر من الاوراق .

دوران النسج المحضر : ينتشر النسج المحضر من خلية الى اخرى في النسج الخاصة الورقية ، ثم ينتقل الى العصيات فالعاليق ، حيث يصل الى الاغصان ومنها لهاجر بعدئذ



ويتوزع في جميع انحاء النبات .

يجري النسغ المحضر ضمن الانابيب
الغريالية ، ويكون اتجاهاه ساعداً او
نازلاً بحسب المناطق التي يتجه اليها
ويثبت ذلك بتجربة التقشير الحلقي :

يصنع في منشأ غصن مورق شق
دائري تقطع فيه حلقة من القشرة مع طبقة
من اللحاء بدون أن يمس الخشب ،
فيلاحظ أن هذا الشق يلتئم فم

تتكون في شفته العليا حوية بارزة
تصدر عنها جذور منضمة ، بينما تبقى ١ -
لحاء وقشرة ٢ - خشب ٣ - جذور منضمة
شفته السفلي على حالها . وبطل ذلك ٤ - ندبة حلقيه ٥ - نسغ محضر .

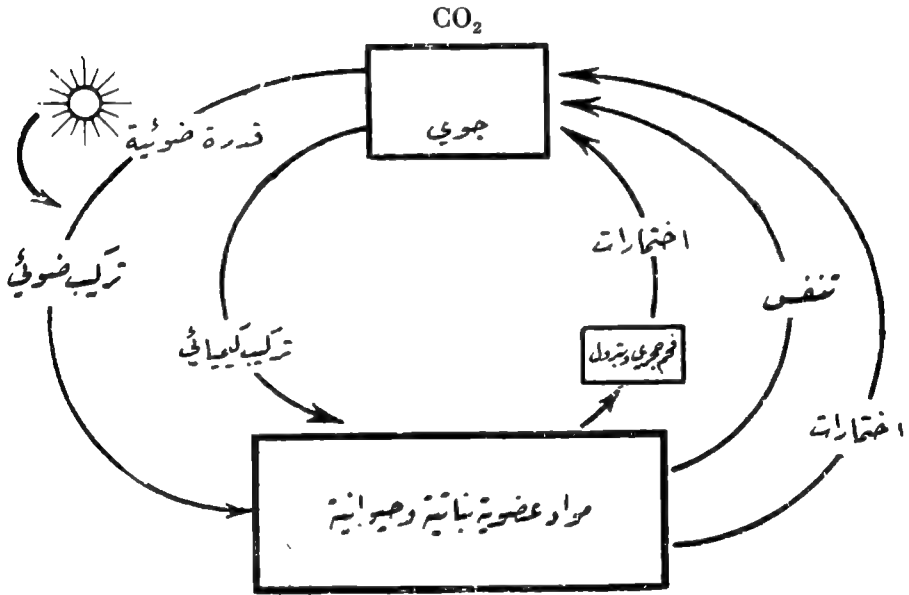
بتراكم النسغ الذي صنفته الاوراق فوق الشق لعدم تمكنه من الهجرة نحو اسفل الساق
فالححاء هو مقر لتيار هابط من النسغ ، ينزل في الساق نحو الجذور .

واذا أجري هذا التقشير الحلقي في غصن مجرد من الاوراق ، فلاحظ أن البرعم
النهائي يتوقف نموه (لتوقف تيار النسغ المحضر الذي يصعد نحو البرعم من جراء عملية
الزراع الحلقي) .

نستنتج من ذلك : ان اللحاء هو أيضاً مقر لتيار ساعد من النسغ المحضر نحو البرعم ،
والسوق وازرار الأزهار التي تعتبر بأجمعها مكاناً لاستهلاكه .

دورة الكربون في الطبيعة

لمنصر الكربون أهمية كبيرة في حياة الكائنات الحية ، وهو يتحول في الطبيعة ما بين الشكل المعدني (CO_2) والشكل العضوي (سكريات شحوم بروتيدات) باستمرار ، وقد رأينا أن تحول الكربون المعدني الى أجسام عضوية لا يتم الا بفضل التركيب الذي تقوم به النباتات الخضراء . ثم يعود الى الشكل المعدني بفضل التنفس والاختار والاحتراقات الشديدة ويمثل الشكل التالي دورة الكربون في الطبيعة :



شكل (٣٤)

دورة الفحم

تغذي النباتات المجردة من الخضور

التطفل والتعايش في النبات والحيوان

رأينا أن النباتات الخضراء قادرة على صنع موادها العضوية الضرورية لانفعالها الحيوية، وصحبت لذلك بالنباتات ذاتية التغذية . إلا أن الحيوانات لا تستطيع ذلك بل تتناول اغذيتها العضوية جاهزة من النباتات الخضراء فهي غير ذاتية التغذية وأما الفطور وأغلب الجراثيم المديعة الخضور ، فهي غير ذاتية التغذية أيضاً ، وتأخذ المواد السكرية الضرورية إما من اشلاء النباتات والحيوانات المتفسخة التي تعيش عليها وتركب موادها الآحية بنفسها ، وتدعى عندئذ «الرميات» أو أن تتغذى بالمواد العضوية الحية من النباتات والحيوانات الحية التي تتطفل عليها وتدعى «الطفيليات» .

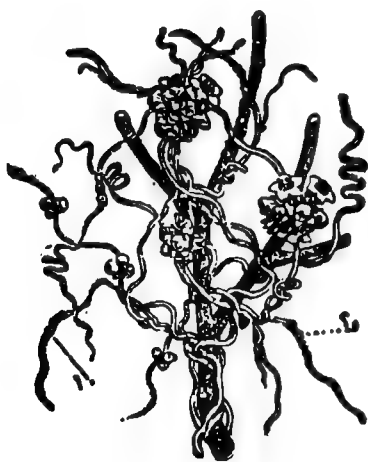
فالتطفل اذاً شركة ريعها وحيد الجانب ، يستفيد منها أحد الشريكين فقط ، وهو الضيف على حساب الشريك الآخر وهو المضيف .

وقد يشترك نباتان معاً ويفيد كل واحد منهما الآخر ، ويطلق على هذه الشركة ذات المنفعة المتبادلة اسم (التعايش) .

اولاً - التطفل :

أ- النباتات الطفيلية : ونميز منها قسمين :

١- النباتات بادية الزهر الطفيلية : نذكر مثالا عنها الكشكوت ، ويعرف باسم المزالوك أيضاً . وهو نبات يعيش على الصمغ والنفل والفصفصة ، والبطاطا والبندورة ، ساقه ملتفة وأوراقه ضامرة تحولت الى حراشف هدية اللون،



شكل (٣٥)

الكشكوت على ساق الفصفصة

١- ساق ٢- محصات

وأزهاره بيضاء مجتمعة . وينمو الكشكوت بعد انتشار بذوره ، ويتسلق على ساق مضيفه ،
مرسلاً فيه أبراً مجهزة بمصحات تنغرس في قشرة ساق المضيف ونسجه حتى تصل الى أوعية
النسج فتمتص منها النسج المحضر والنسج الحام . وهكذا يضع القسم الأكبر من غذاء
المضيف فيقف نموه ويموت . ومن هذه النباتات الجعفل وتطفل على جذور الفصفصة .
وذؤنون الارض ويتطفل على جذور الصفصاف .

والى جانب هذه النباتات المدبغة اليخضور ، والتي تطفل تطفلاً كاملاً ، هناك نباتات
بادية الزهر تعيش متطفلة على غيرها رغم وجود اليخضور فيها ، بيد أن تطفلها ناقص ،
ونذكر مثلاً عنها نبات الدبق الأخضر ، الذي يعيش على أغصان التفاح مرسلاً محصاته في
نسجها حتى تصل الى الاوعية الخشبية ، فيأخذ الدبق منها الماء والاملاح المعدنية ، بينما
يأخذ بفضل أوراقه الحماوية على اليخضور ، غاز الكربون من الهواء ، فيكمل بفضل
التركيب الضوئي أغذيته .

وفي الشتاء تسقط أوراق التفاح ، بينما تستمر أوراق الدبق الدائمة بعملها اليخضوري ،
ويقدم الدبق الى مضيفه كمية من السكريات التي صنعها .

وقد سميت هذه الحادثة بالتطفل النصفى ، لأن الدبق لا يأخذ من مضيفه إلا قسماً ضئيلاً
الغذاء ، ويصنع بقية غذائه بنفسه .

وبلاحظ بصورة عامة أن جهاز التغذية في باديات الزهر الطفيلية ، ضامر او ناقص ،
وذلك لتطوره تطوراً ناقصاً أثناء التطفل .

٢ - مستورة الزهر الطفيلية : تنتسب أكثر أفراد هذه الفئة الى الاشنيات والفطور
وعدها كثير جداً وهي تحدث في الحيوان والنبات أمراضاً خطيرة ،

١ - الفطور الطفيلية : نذكر منها :

- عفن الكرمة : الذي يتطفل على أوراق الكرمة وقد درسناه مفصلاً في العام الماضي .

- فطر الارمداد : ويدعى المن ، وهو فطر تتألف مشرته من خيوط ترزح على
سطح أوراق الكرمة وعلى حبات العنب مرسلاً فيها محصات صغيرة تمتص بها الاغذية بسرعة
ويكافح بسهولة برش زهر الكبريت .

— وهناك أنواع عديدة من الفطور الطفيلية التي تتطفل على نباتات فصيلة الحبوب مسببة أضراراً كبيرة ، وقد درسنا أمثلة كافية عنها في العام الماضي كالسواد أو فحم الحبوب ، والشقران أو صدا الحبوب .

— ومن الفطور ما يتطفل على الحيوانات وعلى الانسان نذكر منها الفطور الشعاعية التي تحدث في الانسان داء خطراً يدعى داء الفطر الشعاعي . والفطور الشعرية التي تحدث السمفات (القرعات) في فروة الرأس .

٢ — الجراثيم الطفيلية (الاشنيات) : وهي تحدث أكثر أنواع الامراض السارية ونذكر منها عصابات الجرة الخبيثة ، وعصابات السل ، وعصابات الكزاز وعصابات الحمى التيفية وعصابات الخناق الخ . . وتتطفل كلها على الانسان فتضربه بسمومها وذيقاتها القاتلة .

ب — الحيوانات الطفيلية : إن أمثلة التطفل في الحيوانات عديدة جداً . وقد عرفنا كثيراً منها في السنين الماضية . فمنها الجراثيم الحيوانية التي تتطفل على الانسان أو الحيوانات مسببة لها أمراضاً اثنائية ، كالتهول الزحاري ، والمصورات الدموية والمثقيبات الخ . وكثير من الحشرات التي تمتص دم الانسان أو الحيوان كالبراغيث والقمل . . . وطفيلي الجرب الذي يتطفل على جلد الانسان .

كما أن قسماً كبيراً من الديدان يعيش متطفلاً على جسم الانسان أو الحيوان مسبباً أمراضاً خطيرة . كحبات البطن ، والبلهارزيات والديدان الشريطية . ومنها ما يحتاج لانعام حلقة تطوره لمضيفين متتاليين . ونكتفي الآن بذكر مثال عنها هو الدودة الشريطية المسلحة :

وهي دودة منبسطة تعيش متطفلة على معي الانسان حيث تثبت بشدة بواسطة محاجبها الاربعية وكلايها . وتتغذى بمحاصلات هضم مضيفها بالحلول . وعندما تنضج تنفصل عنها الحلقات الاخيرة وقد امتلأت بالبيوض ، وتطرح هذه الحلقات مع البراز الى الوسط الخارجي فتتلوث الاعشاب بالبيوض المنتشرة منها فيلتهمها الخنزير ، فتتجمل فوقها ويخرج منها جنين مسدس الاشواك يخترق جدران الامعاء وينتقل بطريق الدم الى العضلات حيث ينمو ويشكل حويصلاً في داخله رأس صغير . ويتوقف النمو عند هذه المرحلة وتبقى الحويصلات في عضلات الخنزير مسببة له داء الشريطيات الكبسي .

وإذا أكل الانسان لحم الخنزير المصاب دخلت الحويصلات الى معدته حيث تنحل ويصبح رأس الدودة حراً فيتثبت على جدران الامعاء وتنشأ عنه دودة كهلة ، مسببة للانسان اضطرابات هضمية واضطرابات عصبية .

وبلاحظ أن هذه الحويصلات الطفيلية قد تكيفت اعضاؤها بنتيجة التطفل وضرمت الاعضاء التي أصبحت لا وظيفة لها . ففي البرغوث والقمل مثلاً نلاحظ أن هذه الحشرات قد فقدت أجنحتها لاعتيادها حياة التطفل، كما أن لواحق الفم قد تكيفت فيها مع اللدغ والمص . ونلاحظ أيضاً أن أجهزة التغذية قد ضرمت حتى انها زالت نهائياً كما في الدودة الوحيدة التي فقدت هذه الاجهزة بكاملها . فليس لها جهاز دوران ولا جهاز تنفس ولا جهاز هضم . انما تنفذي بالحلول . ويسمى ذلك بالتردي الطفيلي .

ثانياً - التعايش :

ونذكر مثالا عن النباتات المتعايشة :

١ - الحزازيات : وهي نباتات تعيش على سطوح المنازل والجدران وسوق الاشجار الرطبة - تتألف جهازها المغذي من مشرة مختلفة الاشكال ويكون الشريكان فيها عادة أشنية خضراء وفطراً . فاذا قطعنا قطعاً عرضياً مشرة الحزازة وفحصناها بالمجهر وجدنا أنها تتألف :

١- من منطقة علوية تحتوي على بوغ يفيد في تكاثر الحزازة ، وعلى خيوط .

٢- من منطقتين قشريتين عليا وسفلى تتألفان من نسيج من الخيوط الفطرية العديمة اللون .

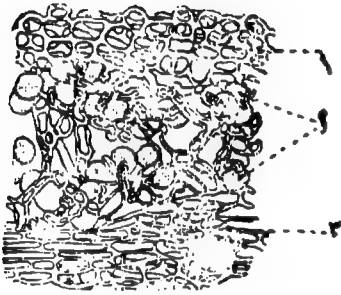
٣- من منطقة متوسطة مكونة من خلايا أشنية خضر محبوسة في عيون شبكة واسمة من الخيوط الفطرية . وتتثبت الحزازة في مكانها بواسطة الخيوط التي تمتص الماء والاملاح المعدنية وقد أمكن تركيب الحزازة تجريبياً كما يلي :

توضع قطعة من قشرة شجرة في قارورة من الزجاج وتقم ، ثم يبذر فوقها بوغ فطر ، وتوضع الى جانب بضع خلايا من نبات أشني فتنشأ من البوغ خيوط تحيط بالخلايا وتتوغل معها الحزازة فتحمي خيوط الفطر خلايا الأشنة من الجفاف وتقدم لها الماء والاملاح

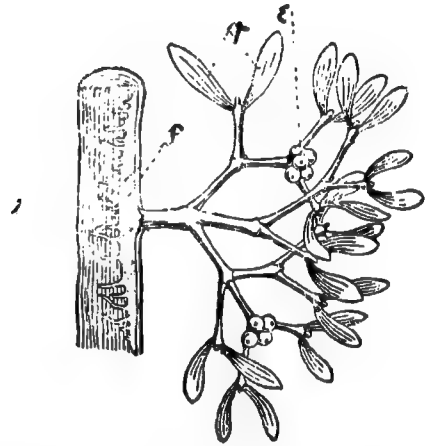
المعدنية ، وغاز الكربون الذي تطرحه أثناء تنفسها . بينما لصنع الأشنة بفضل يمحضورها المواد السكرية والنشوية وتقدم منها لحيوط الفطر التي لا تستطيع صنعها لخلوها من اليمحضور.

٢ - العصيات الجذرية : وسندرس ذلك مفصلا في بحث تغذي النباتات بالآزوت ، ونرى هذه العصيات تتعايش مع النباتات البقلية ، بيد أن هذا التعايش يستمر مدة تم يقف لأن النبات يتغلب في النهاية على العصيات فيضمها ويمتصها .

فالتعايش اذن تطفل جزئي يتحملة المضيف ويحتاج اليه لنموه ، ويفضي الى حالة من التوازن بين النباتين المتعايشين .



شكل (٣٧) مقطع يوضح بنية الحزازة



شكل (٣٦) نبات الدبق على غصن التفاح

التغذية الازوتية

ودورة الازوت في الطبيعة

هي مجموعة التحولات التي تطرأ على المركبات الازوتية في الطبيعة وتشمل هذه الدورة الاطوار الآتية :

١- تحول الآزوت المعدني الى آزوت عضوي :

آ - اعتبارا من النترات والاملاح النشادرية : تمتص النباتات الخضراء الاملاح النشادرية والنترات وتحول الاخيرة الى بروتيدات . وتفيد البروتيدات النباتية في تغذية الحيوانات المشبية ، التي تستعمل بدورها في تغذية الحيوانات اللاحمة . فتحول الى حموض أمينية بتأثير الحماض الهاضمة ، وتشكل من جديد في الخلايا الحيوانية على شكل بروتيدات حيوانية نوعية .

ب - اعتبارا من الآزوت الحر الذي يتخلل التربة : ويتم ذلك :

(١) - بفضل الراجبيات الحرة في التربة : التي اكتشفت بنتيجة تجارب برتلو : لقد وضع في أصيص ، مطلي بطلاء غير نفوذ كميّة من تربة رمليّة غضارية خالية من الازوت ومركباته . ثمّ نكس عليها نافوس من الزجاج يمر فيه تيار من الهواء الصافي . فوجد بعد مضي عدة أشهر - بتميز هذه التربة قبل التجربة وبمدها - ان كمية الازوت فيها قد زادت . وقد كرر هذه التجربة على تراب معقم بدرجة ١٠٠° - وعلى تراب أضيف اليه قليل من الكلوروفورم - فلم تعد التربة قادرة على تثبيت الازوت نستنتج مما تقدم أن تثبيت الازوت سببه وجود كائنات حية في التربة ، أمكن استخراجها وزرعها ، كراجبيات (كلوستريديوم وآزوتوباكتر) التي تستطيع أن تثبت الازوت الجوي مباشرة ، وتستعمله في تركيب هيولاهها . وبهذا لمصبغ التربة غنية بالازوت العضوي بفضل وجود هذه الراجبيات .

وتحتاج الراجبيات الى السكريات لتمكّن من تثبيت الازوت .

(٢) - بفضل راجبيات النباتات البقلية (القونية) :

لوحظ منذ زمن بعيد أن الارض التي تزرع بالنباتات البقلية يكثر آزوتها ، فتفعل

النباتات البقلية هكذا فعل الاسمدة في انماء ثروة الارض الآزوتية . ولذا أدخلت في نباتات الدورات الزراعية .

وقد لوحظ أيضاً على جذور هذه النباتات المزروعة في الحقل ، تورمات صغيرة كروية الشكل تدعى العقد الآزوتية .

والمقد الآزوتية هي بمثابة جذير صغير مخين ، ذلك لأننا نشاهد في مقطعه المرضي حزماً لحائية خشبية تحيط بمخ كبير مضخمت خلاياه لاحتوائه على راجبيات عديدة الحركة يبلغ طولها عدة صفيرات وعرضها صغير واحد ، تأخذ شكل حرف V أو Y وتدعى هذه الراجبيات العصيات الجذرية :

فهل هناك صلة ما بين الخاصة التي تقوم بها النباتات البقلية بتثبيت الآزوت الهوائي المتفلغل في التربة من جهة ، وبين وجود راجبيات العقد الآزوتية من جهة أخرى ، لقد تبين ان الصلة وثيقة كما نبرهن على ذلك التجارب التالية :

تزرع بذرة أحد النباتات البقلية في تراب معقم بدرجة ١٠٠° و مجرد من كل مركب آزوتي ، فلا يلبث النبات الناتج منها أن يدي علاماً الاحتياج الشديد الى الآزوت ، فيقف نموه ويصفر ثم يموت . فإذا أضفنا الى هذا التراب ، تراباً من أرض عادية كانت مزروعة بنباتات بقلية ، وسقينا الجميع بالماء ، فإن النبات الذي كان آخذاً بالموت ، ينتمش ويستعيد صفاته الطبيعية ، ثم ينمو على الرغم من تجرد أرضه من الآزوت ، وتظهر على جذوره في نفس الوقت ، العقد الآزوتية .

نستنتج مما تقدم أن العصيات الجذرية قامت بتركيب البروميديات على وكس آزوت الهواء ، ثم تقوم اخلايا المتضخمة الموجودة في العقد الآزوتية ، بهضم العصيات ، بفضل خماثر قفزها ، فتغذي النباتات البقلية باشلائها الآزوتية .

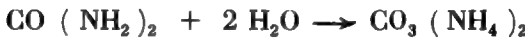
وتقوم النباتات البقلية بتركيب السكاكر بفضل التركيب الضوئي ، وتعطي للراجبيات قسماً منها ، يساعدها على تركيب المواد الآزوتية .

وهكذا يجري بين النباتات البقلية ، وبين العصيات الجذرية تبادل بالمنفعة يدعى التعايش .

٢- تحول الآزوت العضوي الى آزوت معدني : يطرأ في التربة على المركبات العضوية الآزوتية الناتجة من جث الحيوانات والنباتات (أي البروتيدات) ومن الفضلات الآزوتية كالبولة ، سلسلة تفاعلات تحطمها تدريجياً ، وتؤدي بها لتشكيل النترات (الآزوت المعدني) .
وتتم هذه التفاعلات المتدرجة - التي يرجع مردها الى الجراثيم - في المراحل التالية :

آ - التفسخ : يطرأ على اقراض الحيوانات والنباتات ، وعلى فضلاتها الآزوتية تفسخ او اختار تفسخي سببه المغنات والراجبيات ، فتتحول البروتيدات الى حموض امينية يصحبها تشكيل غاز الكربون وأجسام ذات رائحة كريهة كفضاز كبرت الهيدروجين والسكراتول . ويؤدي التفسخ الى تشكيل الدبال .

ب - النشذرة : وتتحول المحوض الامينية ، والبولة الناتجة من البول ، الى املاح نشاذرية . وتحدث هذه الظاهرة الهامة بتأثير المغنات كالمغن الابيض وتأثير الراجبيات (كالمكورات البولية) . فالمكورات البولية مثلاً تميته البولة وتحولها الى فضات أمونيوم حسب التفاعل التالي :



كما تتحول المحوض الامينية بدورها الى املاح نشاذرية .

ج - النتجة : تتحول بفضلها الاملاح النشاذرية الى نترات بتأثير النتجة كما تبين التجربة التالية :

اذا امررنا بيطء مياهاً نشاذرية (مياهاً المجاري العامة) في انبوب يحتوي على تراب زراعي مجرد من النترات ، فاننا نحصل بالنتيجة على نترات في قاعدته السفلى وتدعى هذه العملية بالنتجة . ولا يمكن ان تحدث النتجة اذا عمقنا التربة بحجارة ١٠٠ ° او اضعنا اليها قليلاً من الكلوروفورم ، فالنتجة اذن ظاهرة يرجع مردها الى وجود كائنات حية هي راجبيات النتجة .

١ - النتزة : تتأكسد الاملاح النشاذرية وتتحول الى حمض آزوتي بتأثير راجبيات آزوتية مثال راجبية (نيتروزوموناس) . ثم يشكل حمض الآزوتي آزوتيت مع الاسس التي يصادفها في التربة .

٢ — النترة : يتأكسد حمض الآزوتي والنتريت بدوره ، ويتحول إلى حمض الآزوت بتأثير راجبيات آزوتية مثال : راجبية (نتروبا كتر) ، ويتحد حمض الآزوت مع الاسس في التربة ليمطي آزونات (نترات) .

شروط تفاعلات النتجة :

١ — لا يمكن الاستغناء عن الاكسجين ، لذا كان حرث الارض ضرورياً للزراعة .
٢ — يجب أن تكون الحرارة مرتفعة ، ويكون حدها الافضل من 35° — 40° .
٣ — يجب أن تكون الأرض ذات تفاعل أساسي لتعدل الحموض الناتجة لتشكل الاملاح . لذا تصلح الاراضي الحامضية بإضافة الكلس .

، يجب أن تكون في حد معين من الرطوبة (١٠ — ١٥ ٪) ماء .

وتعتبر هذه الشروط كلها ضرورية لحياة الراجبيات

تحلل النترات : تتفكك النترات في التربة الكثيرة الرطوبة ، وذات التهوية الناقصة ، وتتحول إلى حمض آزوتي فنشادر ثم إلى آزوت حر ينطلق ، ويكون ذلك بتأثير الراجبيات المهللة للنترات . لذا تعتبر هذه الراجبيات ضارة لأنها تفقد الأرض من نتراتهما .

تنفس النباتات

تنفس النباتات كالحوانات سواء كان خضراء أم عديمة اليخضور ؛ فهي تمتص الاكسجين من الهواء وتطرح غاز بلا ماء الفحم . ويحدث التنفس باستمرار اثناء الليل والنهار .

١ — بيان الحادثة

يمكننا أن نوضح المبادلات الغازية التنفسية بسهولة باجراء التجربة التالية :

نضع في قارورة من الزجاج أعضاء نباتية سمية أما مجردة من اليخضور (كنبجيات الازهار أو قطع من الجذر أو من البطاطا ، أو فطور الخ) وأما خضراء (على أن توضع في الظلام أو تحدر) ، ثم سد القارورة سداً محكماً ونتركها عدة ساعات . ويمكننا أن نبين أنها امتصت الاكسجين وطرحت غاز بلا ماء الفحم كما يلي :

آ — امتصاص الأكسجين : إذا ادخلنا في القارورة عود ثقاب مشتعل فإنه ينطفئ ، مما يدل على أن هذه الأجزاء النباتية قد امتصت الأكسجين الهواء .

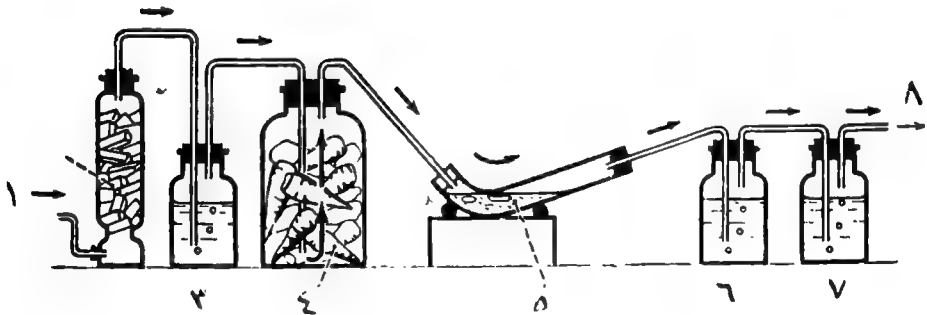
ب — طرح غاز بلا ماء الفحم : لنصب باعتناء قليلا من ماء الباريت (أو ماء الكلس) داخل القارورة ، وعلى جدرانها فنراه قد تكرر . ذلك لأنه قد تشكل فيها كمية كبيرة من راسب فحات الباريوم (أو الكالسيوم) الذي يكشف لنا طرح غاز بلا ماء الفحم من الأجزاء النباتية .

٢ — الشدة التنفسية

ان التجارب السابقة هي وصفية فقط ، ولا يمكننا أن تبين الحادثة التنفسية من الناحية الكمية (أي الشدة التنفسية) التي يمكن ، تقديرها بقياس كمية المبادلات الغازية التنفسية .

آ — تعريف الشدة التنفسية : تقاس الشدة التنفسية بكمية الأكسجين التي يمتصها مقدار وحدة الوزن من النبات الجاف في وحدة الزمن ، أو تقاس بكمية غاز بلا ماء الفحم المنطلقة منه .

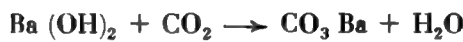
ب — القياس : ويستعمل لذلك عدة طرق :



شكل (٣٨) طريقة التيار الغازي المستمر

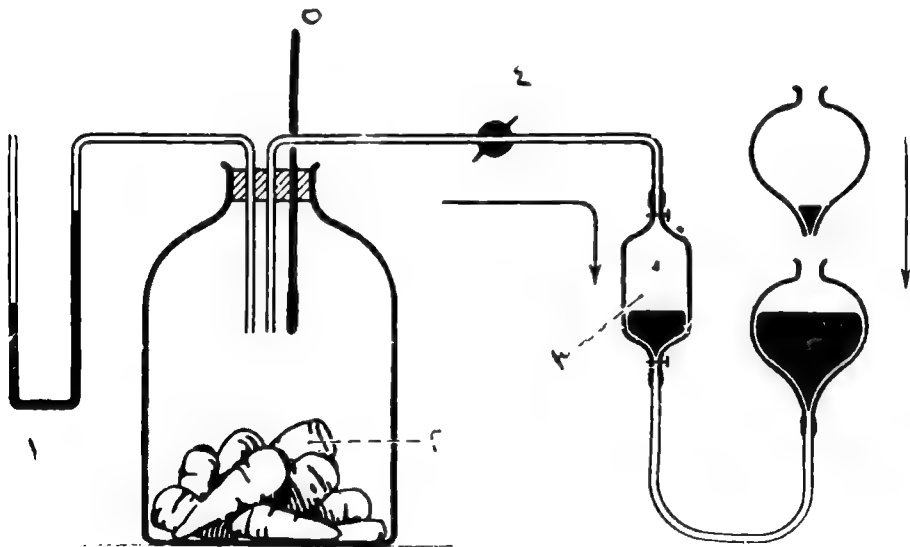
١ — هواء . ٢ — بوتاس . ٣ — القارورة الاولى . ٤ — جزر .
٥ — ماء الباريت . ٦ — القارورة الثانية . ٧ — القارورة الثالثة . ٨ — مضخة .

١ - طريقة التيار الغازي المستمر : يوضع نبات أو أعضاء نباتية ضمن قارورة (ويكون ذلك في الظلام إذا كان النبات أخضر) . وتجهز القارورة بمص مائي يستشق الهواء منها فيسمح بمرور تيار مستمر في القارورة . ويجرد الهواء من غاز بلا ماء الفحم قبل دخوله بمراره في أنبوب يحتوي على بوتاس . أما الهواء الذي يخرج من القارورة للحاوية على النبات ، فيمرر في أنبوب طويل يحتوي على ماء الباريت المعيار ، وفيه يتم اتحاد غاز بلا ماء الفحم - الذي يطرحه النبات - مع الباريت فيتشكل راسب من فحات الباريوم حسب المعادلة :



\downarrow \downarrow \downarrow
 فحات الباريوم غاز الفحم ماء الباريت

وتنظم سرعة تيار الهواء بشكل يتمكن معه البوتاس من تجريد الهواء من كافة غاز بلا ماء الفحم الموجود فيه قبل دخوله الى القارورة - وبشكل تتوقف معه كمية CO_2 التي



(شكل ٣٩) طريقة الهواء المحصور

١ - مقياس الضغط . ٢ - جزر . ٣ - هواء للفحص . ٤ - صنبور . ٥ - ميزان حرارة .

يطرحها النبات بكاملها بواسطة ماء الباريت الموجود في الانبوب الطويل . وللتأكد من خلو الهواء من غاز بلا ماء الفحم تماماً ، نمرره في قوارير فاحصة (ق₁ ، ق₂ ، ق₃) تحتوي على ماء الباريت إذ يجب الا يتعكر ماء الباريت هذا بتأثير الهواء الذي يجتازه .

٢ — طريقة الهواء المحصور : إذا كان من محاسن الطريقة السابقة انها تحفظ النبات في شروطه الحيوية النظامية (ذلك لان الهواء يتجدد باستمرار ، فانها لا تسمح إلا بمعرفة كمية CO₂ المنطلقة . وأما حجم الاكسجين الممتص خلال نفس الوقت فيبقى مجهولاً .

أما طريقة الهواء المحصور ، فانها تساعد على قياس كامل المبادلات الغازية ، وسميت بذلك ، لان النبات يتنفس في مكان مغلق ذي حجم معلوم ، وخلال زمن معين ، بدون أن يتجدد الهواء .

ويحلل الهواء قبل بدء التجربة وبمدها بماء غاز بلا ماء الفحم والاكسجين في ١٠٠ سم³ من الهواء ، تؤخذ من المكان المطلق المذكور . الذي ينفس ضمنه النبات ، بفضل جهاز اخذ الغاز الذي يتصل به ، فالنسب المئوية الناتجة تساعد على حساب كميات CO₂ و O₂ التي يحويها هذا الهواء في بداية التجربة وبمدها . والفرق الناتج يقيس المبادلات

و يتم تحليل الغاز في الاوديوميتر Eudiomètre بواسطة البوتاس الذي يمتص غاز بلا ماء الفحم باستمرار — وبواسطة بيروغاللات البوتاس أو الفسفور التي تمتص الاكسجين .

ملاحظة : ان نتائج القياسات لا تكون صحيحة تماماً لان قسماً من الاكسجين وغاز بلا ماء الفحم ينحلان في المصارة الخلوية — لذا يعتمد الى طريقة القياس في الخلاء ، فيوضع النبات في مكان مفرغ من الهواء قبل التجربة وبمدها ، فتنتطلق جميع الغازات المنحلة ، ويصبح القياس بعد ذلك مضبوطاً .

ج — تبدلات الشدة التنفسية : تتبدل الشدة التنفسية بتأثير عوامل عديدة نخص بالذكر منها ما يلي :

١ — تأثير درجة الحرارة : تزداد الشدة التنفسية بازياد درجة الحرارة ، فهي ضعيفة في درجة الصفر وتزداد حتى تبلغ حدها الاقصى في درجة (٤٥ °) فقد تضاعف قيمتها تقريباً

بارتفاع قدره (١٠°) درجات ، ثم تنخفض بسرعة حتى تنعدم بين الدرجتين (٥٠-٦٠°) بنتيجة تلف الهبولي وموتها .

٢- تأثير العمر والدور الانباتي : ان للشدة التنفسية في النباتات السنوية حداً أقصى في دورين : أحدهما في زمن انتاش البذرة ، والثاني ابان الازهار . أما في النباتات المعمرة كالأشجار مثلاً فيكون للشدة التنفسية أيضاً حدان أقصيان في كل سنة : الأول في زمن تفتح البراعم والثاني وقت الازهار .

ومن هنا نرى أن الشدة التنفسية ترتفع خلال الأدوار النشيطة من حياة النبات ، لازدياد شدة الاحتراقات زيادة كبرى في النبات .

« وعندما يخضع النبات للجفاف ، فإن الشدة التنفسية ، تنقص بصورة محسوسة . وكذلك فإن الشدة التنفسية في البذور الناضجة لا تذكر ، لأنها فقدت كثيراً من مائها بصورة طبيعية » .

٣- حاصل القسمة التنفسي = ح . ت .

ان حاصل القسمة التنفسي هو نسبة حجم غاز بلا ماء الفحم الذي يطره نبات ما إلى حجم مولد المحوذه الذي يمتصه خلال فترة معينة من الزمن (ح . ت = $\frac{CO_2}{O_2}$ كما هو الحال في الحيوانات) .

وتتعلق قيمة حاصل القسمة التنفسي بطبيعة المواد التي يتم احتراقها في الخلايا النباتية (التأكسيدات الخلوية) وفي الحقيقة ليست المبادلات الفازية التي تتميز التنفس إلا الظاهرات الخارجية لأفعال الاحتراق التي تجري باستمرار في جميع الخلايا النباتية الحية . فإذا كانت المادة المحترقة (المؤكسدة) من السكريات فحاصل القسمة التنفسي يساوي الواحد . وإذا كانت من الشحوم يكون (٠.٧) وأما إذا كانت البروتينات فيساوي (٠.٨) . وبصورة عامة يكون حاصل القسمة في الانسجة النباتية قريباً من الواحد ، مما يدل على أن مادة الاحتراق التنفسي هي بصورة أساسية من طبيعة سكرية .

إلا أن حاصل القسمة التنفسي في البذور الزيتية يساوي ٠.٧ عندما تنش لأنها تستعمل

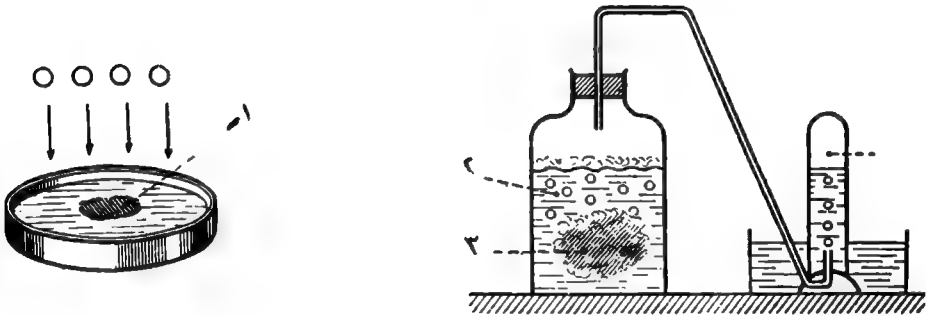
في التنفس المدخرات الشحمية التي تحويها . وأما احتراق البروتينات في التنفس فهو غير نظامي ، لانه لا يحدث إلا عندما يتجرد النبات برمته من السكريات (كما يحدث لنبات أخضر إذا بقي عدة أيام في الظلام مثلا) .

مقاومة الاختناق

التخمير الكحولي

عندما يوضع نبات في وسط خالٍ من الأكسجين ، فإنه لا يموت حالا فيما إذا توفرت السكريات في هذا الوسط - فهو يحلل هذه المواد بعملية التخمير ، ويستدرك القدرة التي يحتاج إليها من التفاعلات الناشئة للحرارة الناتجة عن هذا التحليل .

آ - تنفس وتخمير خميرة الجعة (البيرة) :



(شكل ٤٠)

(الى اليسار) : تنفس خميرة الجعة : ١ - خميرة الجعة في حالة النمو على سطح من الفلوكوز
(الى اليمين) : ٢ - محلول الفلوكوز ، ٣ - خميرة الجعة ، ٤ - CO_2 .

١ - التجربة الاولى : زرع خميرة الجعة (وهي فطر مجهري) على سطح محلول من سكر العنب بهاس مع الهواء فتتكاثر الخميرة بنشاط وتنفس بصورة نظامية ، وهذا يعني انها تؤكسد سكر العنب الذي تأخذه من الوسط الموجودة فيه باكسجين الهواء .

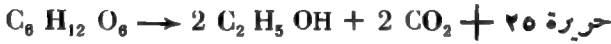


ويدعى هذا النمط من الحياة الذي يتميز بتنفس نظامي « الحياة الهوائية » Aérobiote ، وهو نمط الحياة العادية لأغلب النباتات .

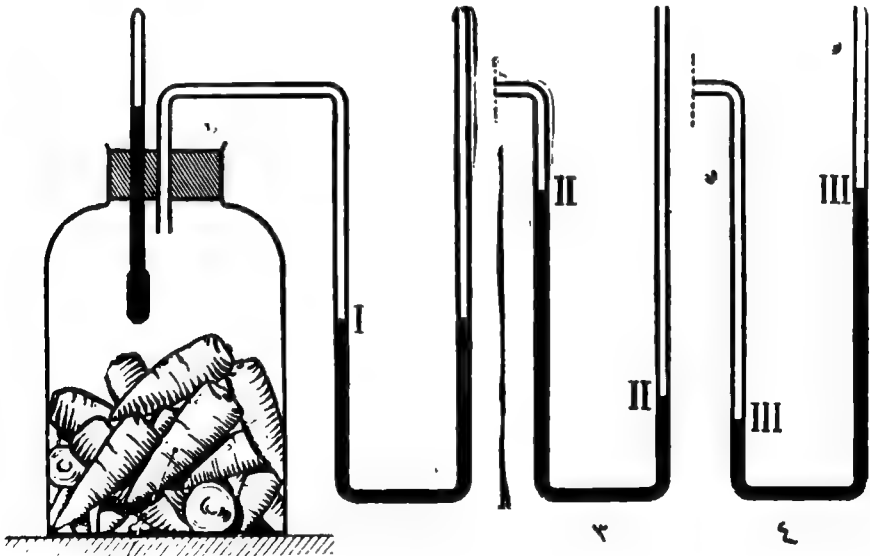
٢ - التجربة الثانية : إذا غمرنا الخيرة داخل محلول سكر العنب في وعاء مغلق ، فلا يحدث التنفس ، ومع ذلك فإن الخيرة لا تموت ، ولكنها تتكاثر ببطء .

ونلاحظ أن غاز بلا ماء الفخم يفتشر بفزارة من المحلول بينما يظهر الكحول الابتيلي في هذا المحلول ويحول سكر العنب .

فخميرة الجعة عندما حرمت من الأكسجين حلت التلوكوز وفق التفاعل الآتي :



ذلك هو التخمر الكحولي ، فتخريب التلوكوز هنا ليس تاماً ، ولا ينتج عنه سوى



(شكل ٤١) اختبار الجزر

١ - التجربة في بدنها II - المرحلة التنفسية (تناقص الضغط) III - الاختبار (ارتفاع الضغط)

١ - حرارة ثابتة ٢ - جزر ٣ - تنفس ٤ - اختبار

(٢٥) حريرة ، فالتخمير الكحولي يميز الحياة اللاهوائية Anaérobiose « كحياة خميرة الجمة التي تكون بمعزل عن الاكسجين » .

ب - التخمر في النباتات الراقية : وإن تكن النباتات اراقية أقل مقاومة للاختناق من الخمار ، فانه من الممكن أن نطراً عليها تفاعلات تخميرية حين تكون بمعزل عن الاكسجين .

تجربة : «ملاءة قارورة بمحذور غنية بالسكريات (كالشوندر والجزر) ونسد القارورة بسدادة يمر منها مقياس ضغط .

ففي بدء التجربة نلاحظ هبوط الضغط داخل القارورة ، نتيجة للتنفس وامتنصاص الاكسجين الموجود فيها ، ذلك لأن معظم كمية غاز بلا ماء الفحيم المنتشر قد بقيت منحلة في العصارة الفجوية ، ولم نستطع أن نموض هذا الهبوط .

ثم يزداد الضغط في القارورة بصورة مستمرة لتراكم غاز بلا ماء الفحيم ، بعد أن يزول الاكسجين بكامله منها ، وعندما تفتح القارورة تنتشر منها رائحة الكحول .

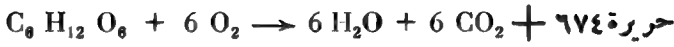
وخلاصة القول: ان الاعضاء النباتية في القارورة التي كانت بمعزل عن الاكسجين ، قد استمرت حياتها بتحويلها المادة السكرية الى كحول ، فيقال عندئذ بأنها تخمرت .

قبوب الاثمار (فرط النضج): ينجم قبوب اثمار عن تخمرها ، وذلك لان الاكسجين ينفذ بصعوبة الى مركز الثمرة (الكثرى مثلاً) فيبدأ التخمر في هذه المنطقة المركزية ، ويحصل نتيجة لذلك كحول واسترات تعطي للثمرة الناضجة رائحة زكية .

الاحتراقات التنفسية

تنفس أنسجة النبات : تنفس كالانسجة الحيوانية ، ونطلق على هذا الفعل اسم التنفس الخلوي ، لان هذه المبادلات الغازية تتم داخل الخلايا نفسها ؛ واحتراق المواد بمولد المحوذة بولد قدرة يعقبها انتشار حرارة .

١ — الاحتراق : تكون التفاعلات الكيميائية ناشرة للحرارة ومولدة للقدرة ؛ قوام ذلك التخمضات أو الاحتراقات التي تصيب السكريات ، كسكر العنب الناتج عن تميته النشا . وذلك الاحتراق التام يتم حسب المعادلة التالية :



أما إذا كانت هذه الاحتراقات غير تامة تنتج عن ذلك حوامض عضوية مختلفة أهمها حمض التفاح والليمون . . . الخ أما في الحبوب الزيتية فالاحتراقات تصيب المواد الدسمة عوضاً عن السكريات .

٢ — آليه الاحتراق : هنالك تفسيرات عديدة معقدة لآلية هذه الاحتراقات ، ونحن اليوم نمزوها الى خمار خاصة تفرزها الخلايا ، هي الخمار الحمضة (او كسيداز) ؛ ولذا يعتبر التنفس حادثة مشتركة بين النبات والحيوان يتم في الهيمولي الحية .

٣ — نتائج الاحتراق ينتج عن ذلك نتيجتان أساسيتان :

أ — ضياع قسم كبير من الفحم الذي يتحول الى بلا ماء الفحم منطلقاً بالزفير ، وبستيمض النبات عن هذا الفحم المفقود ، بالفحم الناتج عن التمثل اليخضوري .

ب — توليد قدرة لهيولي الخلية ، ويتمثل قسم من هذه القدرة بالحرارة النباتية .

٤ — الحرارة النباتية : تنتشر النباتات في بعض أدوار حياتها ، كمية محسوسة من الحرارة ، وقد أمكن قياس درجة حرارة النباتات بالمقاييس الحساسة أو بالأبر الحرارية الكهربائية . وقد وجد أن النباتات السنوية تطلق حرارة أثناء الاقناش والازهار . وبكفي لاثبات ذلك ان ندفن مقياس حرارة زئبقي في حبوب اثناء الاقناش فنشاهد صعود الزئبق دالاً على ارتفاع درجة الحرارة . وقد يبلغ هذا الارتفاع ، بالنسبة لمقياس آخر مغمور في شاهدة مخدرة بكلور النمل ، (٥ — ١٠) درجات .

التنفس في الانسان

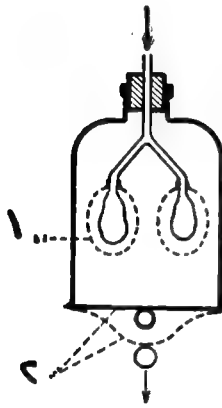
ندرس أولاً الحادثات الآلية التي يتم بموجبها دخول الهواء الى الرئتين وخروجه منها ثم الحادثات الفيزيا كيميائية التي تتم بموجبها المبادلات الغازية بين الهواء والدم .

١ - الحوادث الأولية

التهوية الرئوية : يتجدد هواء الرئتين باستمرار بفضل حركات التنفس المنتظمة التي تشمل على شهيق يستدعي الهواء الى الرئتين وزفير يطرد الهواء منها .

تجربة : لناخذنا قوساً زجاجياً سدت قاعدته بصفيحة من المطاط . ولسد فوهته بسدادة يجتازها انبوب يحمل كرة من المطاط (بالون) . إذا جاذبنا صفيحة المطاط الى الاسفل لاحظنا أن كرة المطاط تنتفخ . وإذا تركناها عادت كرة المطاط كما كانت . وتعليل ذلك

أن الهواء المحصور في الناقوس يخضع لقانون ماريوط فحين نجذب صفيحة المطاط يزيد حجمه فينقص ضغطه وتمدد جدران الكرة متسمة فتستدعي الهواء الخارجي ليملاؤها . ومتى عادت الصفيحة ينقص الحجم فيزداد الضغط على كرة المطاط فتفرغ قسماً من هوائها .



إذا شبهنا القفص الصدري والرئتين مع مجاريها الهوائية

(شكل ٤٢) جهاز يبين آلية التهوية الرئوية

١ - كرة مطاط ٢ - صفيحة مطاط

والحجاب الحاجز بأقسام الجهاز في التجربة السابقة وجدنا تعليلاً واضحاً لآلية الشهيق والزفير . وهكذا فحركات الرئتين تنتج من تبدل حجم القفص الصدري لا من فعل خاص بها .

الشهيق : يزيد حجم الصدر بسبب : أ - تقلص عضلة الحجاب الحاجز التي تنخفض الى الاسفل دافعة معها الاحشاء .

ب - تقلص العضلات الرافعة للاضلاع فتقومها وتدفع القفص الى الامام . فتزداد أقطار الصدر من كافة جهاته ويخف الضغط فيه فتتمدد الرئتان وتجذبان الهواء الخارجي فيدخل اليها مقدار نصف لتر من الهواء .

الزفير : يصغر حجم الصدر بسبب :

أ — ارتخاء عضلة الحجاب الحاجز التي ترتفع وتحدب .

ب — بارتماء العضلات الشبقية فتبسط الاضلاع ويعود القص إلى الوراء .

فتنصفر أقطار الصدر جميعاً ويزداد الضغط على الرئتين فتفرغان قسماً من هوائهما بقدر نصف لتر ايضاً .

ونسمي كمية الهواء التي تتمدد في كل حركة تنفسية عادية بالهواء الجاري (نصف لتر) .
تواتر الحركات التنفسية : يبلغ عدد الحركات التنفسية العادية ١٥ — ١٦ ٪ دقيقة
فتكون مدة كل حركة أربعة ثواني يستغرق الشيق ثلثها والزفير ثلثها ، ويتغير عدد
الحركات بحسب السن والجنس والقامة وحالة الجسم ، ويعر تبعاً لذلك في الرئتين نحو عشرة
آلاف لتر هواء يومياً .

الحركات التنفسية القسرية : ان الحركات التنفسية العادية لا إرادية إذ لا يمكن إيقافها
أو تغييرها ، وتستطيع الإرادة تغيير سعة هذه الحركات فتطيل مدتها والساعها فتسمى حينئذ
حركات قسرية .

الزفير القسري : بالإضافة إلى عوامل الشيق العادي تنقلص عضلات أخرى في العنق
والصدر ليزداد الساع القفص الصدري زيادة هامة فتدخل في الرئتين كمية اضافية على
الهواء الجاري تسمى الهواء المتمم وتقدر بلتر ونصف .

الزفير القسري : ترتخي سائر العضلات الشبقية وتعمل العضلات الخافضة للاضلاع ،
وعضلات البطن في انقاص حجم الصدر إلى أصغر حد ممكن فتخرج من الرئتين كمية من
الهواء تقدر بـ ١٥٠ لتر تدعى الهواء الاحتياطي ، ولا يمكن لأشد زفير أن
يفرغ الرئتين تماماً إذ يبقى كمية لا تخرج أبداً بل تتجدد وتقدر بـ ١٥٠ لتر تسمى
الهواء الباقي .

السعة الرئوية : تبلغ سعة الرئتين في انسان كهل خمس لترات هي : نصف لتر جاري ،
لتر ونصف متمم ، لتر ونصف احتياطي ، لتر ونصف باقي ويطلق اسم السعة الحيوية على
كمية الهواء التي تتجدد بالحركات العادية والقسرية أي ٣٥٠ لتر (جاري ، متمم ، احتياطي)

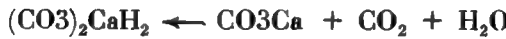
الاصوات التنفسية : يحدث مرور الهواء في الرئتين صوتين خاصين نسميها بالاصفاء : صوتاً أولاً ناعماً يرافق الشيق وينجم عن انفتاح الامناخ ومرور الهواء في الاقسام الضيقة من التفرعات القصبية إلى الحويصلات . وصوتاً خشناً عن مرور الهواء الزفير من المزار الضيق، وتبدل الحالات المرضية في هذه الاصوات فتصبح بشكل خراخر أو غطيطة أو صفير أو نفحات ، ونذكر أخيراً أن السعال والمطاس والتثاؤب والتنهد هي حركات تنفسية مفاجئة خاصة .

« — الحادئات الفيزيا كيميائية — »

وتشمل دراسة المبادلات الغازية بين الهواء والدم في الرئتين (الاستدما) والمبادلات بين الدم والنسج (تنفس الانسجة) ، وتم هذه المبادلات وفقاً لقانوني الحلول والانفصال وقد عرفنا الحلول سابقاً وتدرس قانون الانفصال :

الانفصال : ان المركبات غير الثابتة تنفك أو تعيد تركيبها بسبب تباين الضغط الواقع عليها من الغاز ، وتفسر التجربة التالية هذا القانون :

لنضع في اناء محلولاً من ثاني فحمات الكلسيوم ولنغطيه بناقوس مجرد هواؤه من غاز الفحم فيلاحظ نحل ثاني الفحات الى فحات كلسيوم وغاز فحم يتطلق في الناقوس ، ولو أدخلنا كمية زائدة من غاز الفحم في الناقوس لوجدنا من جديد تكون ثاني فحات الكلسيوم ، حسب التفاعل التالي :



→ ضغط غاز الفحم المنخفض

ضغط الاكسجين زائد

وكذلك : خضاب مرجع + اكسجين ← حمض الخضاب

→ ضغط الاكسجين منخفض

الاستدعاء : ١ — يحوي هواء الاسناخ قليلاً من غاز الفحم (٥٪ بضغط ٤ سم زئبق) ويحوي الدم العاتم (٥٠،٥ — ٦ ٪ بضغط ٤،٦ سم) فحسب قوانين الحلول والانفصال يمر غاز الفحم المنحل في المصورة عبر الغشاء الرقيق . ثم تنفكك ثاني فحمت وفصفو فحمت الصوديوم محررة غاز الفحم كما تنفكك فحم الخضاب ويستقد أن خلايا الرئة مفرزات خاصة تفكك ثاني الفحمت ، وهكذا يتحرر الدم من قسم عظيم من غاز الفحم ينطلق الى هواء الاسناخ .

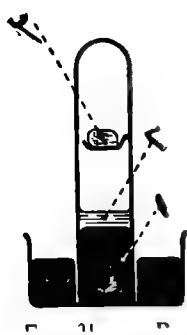
٢ — يحوي هواء الاسناخ كثيراً من مولد الحموضة (١٦ ٪ بضغط ١٢ سم زئبق) ويحوي الدم العاتم (٣٪ بضغط ٢،٥ سم) لذا يمر الأكسجين عبر الغشاء الرقيق من الاسناخ الى الدم فينحل في المصورة أولاً ثم يتحد بالخصاب فيكون حمض الخصاب الأحمر القاني . وهكذا يكتسب الدم مولد الحموضة ولصبح نسبة هذا الغاز ١٣ ٪

لهذا يختلف تركيب هواء الشيق عن هواء الزفير ، ونقول بأن الهواء يمروره على الرئين وخروجه منها قد خسر الأكسجين واكتسب غاز الفحم الذي يلبث وجوده حين ننفخ في رائق الكلس .

كما يختلف تركيب الدم العاتم عن الدم القاني ونقول بأن الدم يمروره على الرئين وخروجه منها قد اكتسب مولد الحموضة وخسر غاز الفحم .

تنفس الانسجة : ليس ما حصل في الرئين سوى مظاهر حادثة التنفس إذ الغاية هي ايصال مولد الحموضة الى النسج ليتم حرق الأغذية ، فحادثات التنفس الحقيقية تتم في حذاء النسج التي تخلص الدم مولد الحموضة وتطرح فيه غاز الفحم الناتج عن الاحتراق .

تجربة : لنضع قطعة لحم في أنبوب وننكسه على حوض فيه زئبق يملؤه قليل من رائق الكلس . فنلاحظ بعد مدة تعكر رائق الكلس وارتفاع الزئبق في الانبوب مما يدل على أن قطعة اللحم قد امتصت مولد الحموضة واطلقت غاز الفحم الذي جمعه رائق الكلس ، ونجيم عن ذلك فراغ استدعى ارتفاع الزئبق .



تجربة : انضع قطعة لحم في وعاء فيه دم قاني . ولنحركها فيه مدة فنشاهد أن الدم أصبح عاتماً لأن قطعة اللحم قد امتصت قسماً من مولد حموضته وقد تكررت التجارب على مختلف النسيج ففرغ أن النسيج العضلي هو أكثر استهلاكاً لمولد الحموضة يليه النسيج العصبي فالعدي فالعظمي . كما عرف أن العضو العامل يستهلك كمية أوفر من مولد الحموضة . أما آلية المبادلات بين الدم والنسيج فتفسر أيضاً وفق قانوني

الحلول والافصال . (شكل ٤٣) تنفس الانسجة -

فعند وصول الدم القاني إلى الشريكات حول النسيج المفتقرة إلى مولد الحموضة يمر المنحل في المصورة ثم ينفكك حمض الخضاب محرراً الأكسجين ويصبح خضاباً مرجحاً بلون عاتم . فتستهلك النسيج مولد الحموضة مباشرة في حرق الغذاء وتنتج عن الاحتراق قدرة هامة تلزم للقيام بالافعال الحيوية جميعاً ، كما ينتج غاز الفحم الذي تزداد كميته تدريجياً فيمر إلى الدم وينحل في المصورة أولاً ثم يتحد مع الاملاح مشكلاً فحات وفصفو فحات الصوديوم كما قد يتحد مع الخضاب مشكلاً فحم الخضاب .

وهكذا يخسر الدم في حذاء النسيج قسماً كبيراً من مولد الحموضة ويكتسب غاز الفحم فيعود إلى القلب ثم إلى الرئتين ليبدأ استدماء جديد .
الاحتراقات التنفسية : نستنتج من كل ما سبق أن :

- ١ - لا يشترك الآزوت في التنفس .
- ٢ - لا يتحول نفس الحجم من مولد الحموضة إلى غاز الفحم فنحن نستنشق خمسة اثار من مولد الحموضة بينما نزرر أربعة اثار من غاز الفحم ، مع العلم ان تكوين لتر من غاز الفحم يحتاج إلى لتر فقط من مولد الحموضة مما يدل أن قسماً من مولد الحموضة يستخدم لحرق عناصر أخرى غير الفحم ، والحقيقة أن في هواء الزفير كمية من بخار الماء تنبعث أيضاً عن الاحتراقات التنفسية ، ونحن نطلق حوالي ٤٠٠ غ بخار ماء يومياً ، وينتج عن

هذا الاحتراق كمية من الحرارة تكون منشأً للقدرة العضلية ، كما تتشكل فضلات يلزم طردها .

شدة التنفس : هي كمية مولد الحموضة المستنشقة أو غاز الفحم المزفور خلال زمن معين .
وتتغير هذه الكمية تبعاً لحالة الجسم فتزيد حين العمل العضلي خاصة ، كما تزيد عند الأطفال فينشط التنفس ليزيد الاحتراقات التي تعوض للطفل عما يحترق من حرارته بالأشعاع .

حاصل القسمة التنفسي : هو النسبة $\frac{CO_2}{O_2}$ ولا علاقة له بشدة التنفس بل يتأثر بنوع المواد المحترقة في الخلايا حين التنفس ، فحين يقتصر الغذاء على ماءات الفحم تكون النسبة ١ حيث يستعمل مولد الحموضة لحرق الفحم فقط .

أما إذا كان الغذاء دسماً فالنسبة تهبط إلى ٠.٧ وتصبح ٠.٨ في استهلاك الأحيات .
ذلك لأن قسماً من مولد الحموضة يستعمل لحرق الهيدروجين وأكسدة الآزوت .

دور المخازن في التنفس : إن حادثات الاحتراق التي تتم بالتنفس ليست تفاعلات بسيطة لأنها تتم في البدن في درجة ٣٨° فقط بينما تحتاج نفس التفاعلات إلى درجات أعلى بكثير لوتتم خارج البدن . والحقيقة أن التفاعل المجمع التالي .



لا يمثل إلا المرحلة البدائية والنهائية من سلسلة التفاعلات . إذ تدخل خمائر مؤكسدة خاصة تحمل مولد الحموضة فتتنبه على المواد القابلة للتأكسد ويسهل بذلك حدوث التفاعلات في درجة منخفضة .

وأخيراً فالتنفس الجلدي الذي تكون له أهمية كبيرة في بعض الحيوانات ، ضئيف الشأن عند الإنسان بسبب ضآلة سطحه بالنسبة لسطح الرئتين فينبأ تنشر الرئتان ٩٠٠ غ من غاز الفحم يومياً ينشر الجلد كمية غرامات فقط .

اختلالات التنفس

« الاختناق »

التنفس وظيفة لا حياة بدونها ويفضي وقوفها إلى الموت اختناقاً .

كمية الهواء اللازمة لادامة الحياة : رأينا أن الانسان يدخل في كل شيق نصف لتر من الهواء الى رئتيه ، فاستناداً الى هذا الاساس والى أن الانسان يقوم بـ ١٥ شهيقاً في الدقيقة تكون كمية الهواء الضرورية لحياة الانسان في أربع وعشرين ساعة ١٠٨٠٠ ليتراً منها ٣٢٦٨ ليتراً من مولد الحموضة تقريباً فتكفي عشرة امتار مكعبة من الهواء المطلق لتنفس انسان في أربع وعشرين ساعة . ولا تكفي هذه الكمية متى كان الهواء محصوراً .

شروط هواء التنفس . — لكي يكون الهواء صالحاً للتنفس يجب :

١ — ان يحتوي على حد أدنى من مولد الحموضة ، فاذا وضعنا طائراً تحت ناقوس فيه هواء وتركناه تحته فانه يعيش مدة ثم يضطرب ويموت . فاذا حللنا هواء الناقوس بعد موت الطائر وجدنا أنه لا يزال يحتوي على مولد حموضة بنسبة ٤ ٪ فالطائر مات قبل أن يستهلك كامل مولد الحموضة . أما الانسان فانه أقل تحملاً من الطائر إذ يضطرب متى بلغت نسبة مولد الحموضة في الهواء ١٦ ٪ ويموت متى بلغت ٨ ٪ .

٢ — ان لا يحتوي على كثير من غاز الفحم . ويعتبر الهواء فاسداً متى كانت نسبة هذا

الغاز فيه ١ / ١٠٠٠ ويصبح خطراً متى بلغت النسبة $\frac{5}{1000}$ ويميت اذا بلغت النسبة ٥ ٪ اذ

يمنع الغاز بهذه النسبة انطلاق بلا ماء الفحم المنحل في المصورة من الرئتين ، كما يحول دون تحلل الفحجات الحامضة والفصفو فحات فلا يتنقى الدم في الرئتين بل يبقى عاتماً .

الاختناق : يطلق اسم الاختناق على الموت الحادث من اختلال التنفس سواء كان ذلك

من فقد مولد الحموضة أو من زيادة بلا ماء الفحم وأهم اسباب هذا الاختلال تنفس الهواء المحصور .

الهواء الفاسد او المحصور : هو الهواء الذي يعلأ مكاناً مغلقاً : كخرفة مغلقة أو قاعة

درس أرقاعة صور متحركة (سينما) والخ ... إذ أن التنفس في مكان مغلق يفسد الهواء بسرعة ويبدل تركيبيه فيقل فيه مولد الحموضة ويكثر بلاماء الفحم . فإذا اجتمع عدد من الاشخاص في مكان مغلق واحد ، كان فساد الهواء أسرع وأشد . وتزيد في فساد الهواء الغازات الاخرى التي ينتجها الانسان من عرقه وورثته وأنبوب هضمه الخ . فتصبح للهواء المحصور رائحة كريهة يشعر بها الداخل فجأة الى مكان حافل بالاشخاص .. وان العيش في مثل هذه الامكنة يفسد الصحة تدريجياً فيحدث فاقة دم ويضعف مقاومة البدن الذي يصبح فريسة سائمة لشتى أنواع الجراثيم خاصة لجراثيم السل . وإذا كان فساد الهواء كبيراً فإن البقاء فيه ولو بضع ساعات يصبح خطراً قاتلاً كما يحدث في المعتقلات حيث يحشر عدد كبير من الاشخاص في غرفة ضيقة واحدة وما شابه .

وتجتنب أخطار الهواء المحصور بالسكنى في قاعات كافية الاتساع . وتبنى كفاية الاتساع هذه لا على معرفة كمية مولد الحموضة الضرورية في ٢٤ ساعة فقط ، بل وعلى معرفة كمية بلاماء الفحم المنطلق . فالانسان يطلق في ساعة واحدة عشرين لترأ من بلاماء الفحم تقريباً ، فإذا فرضنا أنه يبقى في غرفة نومه ثمانى ساعات فإنه يطلق فيها ١٦٠ لترأ من هذا الغاز ، فلكي يبقى هواؤها صالحاً للتنفس وتبقى نسبة بلاماء الفحم فيه أدنى من ١ بالالف يجب أن يكون حجمها ١٦٠ مترأ مكعباً على الأقل . بيد أن هذه الحجم صعبة التحقيق في الممارسة وليست ضرورية تماماً لان الغرفة لا تنطلق انفلاقاً تاماً بل تبقى فيها ثقبوب كشقوق الابواب والنوافذ والمداخن الخ .. تجدد قسماً من هوائها . فلذا يستعمل الحجم الادنى لغرفة تتسع لشخص واحد ثلاثين مترأ مكعباً فقط على أن تضمن التهوية فيها ويجتنب سد شقوقها في الشتاء .

اسباب الاختناق الاخرى - الهواء المخلخل : متى ارتفعنسا في الهواء سواء بتسلق الجبال أو بامتطاء الطائرات والمناطيد : فالتنا نسمع متى بلفنا حدأ مميناً من الارتفاع بازعاج خاص ناجم عن نقص مولد الحموضة في الهواء ؛ إذ يخفف ضغط الجو بالارتفاع فيبلغ مثلاً في ارتفاع ٥٠٠٠ متر نصف الضغط الجوي المعتاد على سطح البحر ، فينتج عن ذلك نقص وزن لترأ الهواء الى النصف وبالتالي نقص كمية مولد الحموضة فيه الى النصف ايضاً مما

يجعله غير صالح للتنفس . ويصاب الانسان في ارتفاع ٣٥٠٠ متر حيث الضغط ٥٠ سم من الزئبق ، بصداع ودوار مع ارتعاج في التنفس ودعث يتلوه فيه واسهال ورعاف ثم سدر ومبات الخ .. ويطلق على هذه الاعراض كلها اسم داء الجبال وتقضي الى الموت متى هبط الضغط إلى أدنى من ذلك . أما ضغط ١٢ سم فيميت حالا . ونطلق اسم داء الطيارين على أعراض مماثلة تظهر في ارتفاع أعلى من ٣٥٠٠ متر لان الطيار مستريح لا يبذل أي مجهود عضلي . ويجتنب داء الجبال باستنشاق مولد المحروسة من أجهزة خاصة ار باكثر المحطات التي تعود جسم الانسان تدريجياً على تحمل الارتفاع . وهكذا يستطيع سكان هضبة التيب في الصين وسكان جبال الكوردليير والآند في اميركا ان يعيشوا في قرى يبلغ ارتفاعها ٤٠٠٠ أو ٩٥٠٠ متر .

تأثير الهواء المضغوط : يحتاج المال أحياناً إلى العمل تحت الماء . فينزلون إلى مكان العمل في صناديق خاصة يطرد منها الماء بالهواء المضغوط . فيتحلون تأثير الهواء المضغوط ضغطاً شديداً بسهولة تامة ولكنهم يصابون بأعراض ممتة إذا خفف عنهم الضغط فجأة كأن يرفع الصندوق بسرعة وتبدأ هذه الاعراض بطنين في الأذنين ثم يثنق غشاء الطبل يحدث القيء وبلي ذلك شلل في الطرفين السفليين ثم غشي يعقبه الموت ، وقد أصبحت الجملة التالية تدفع الاجرة عند الخروج ، مثلاً سائرأ عند هؤلاء المال والسبب في هذه الاعراض الصامة الغازية . إذ يحل دم الانسان واختلاطه بتأثير زيادة الضغط كميات كبيرة من الهواء كما يحل ماء سلتز تحت الضغط كمية كبيرة من غاز الفحم فاذا خفضنا الضغط فجأة اندفعت الفقاعات الغازية من الدم كما تندفع من محلول سلتز عندما يرفع عنه الضغط . وتجتمع الفقاعات الغازية في الاوعية وتكون فقاعة كبيرة (صامة) تسد الشريات وتوقف الدوران فتحدث الموت . وتجتنب هذه العوارض بالصعود البطيء الذي يخفف الضغط تدريجياً ويمكن الفقاعات من الانطلاق بالرئتين كلما تكونت . وقد حددت سرعة اخراج المال من قيمان البحار بقوانين خاصة ، كما حدد العمل في هذه الشروط فلا تزيد مدته على أربع ساعات في اليوم . وأقصى ما يتحمله الانسان من ضغط الهواء عشرة ضغوط نسبية (أي ضغطان نسبيات من مولد

الحوضة) . وينقلب مولد الحوضة ، متى أصبح ضغط الهواء ١٧٠ ضغطاً نسيمياً ، مما زعافاً يفعل كالستريكنين لانه يحدث حينئذ مثله تقلصات عضلية شديدة .

الاختناق بانسداد مجاري التنفس : تنسد الرغامى في الحلق والشنق كما تمتليء مجاري التنفس بالماء في الفرق ، لذا يحدث الموت في هذه الحالات سريعاً في مدة لا تجوز خمس دقائق لانقطاع ورود مولد الحوضة الى الرئتين .

الانسام بالغازات السامة - حمض الفحم CO : حمض الفحم غاز لالون له ولا رائحة لذا يصعب الشعور بوجوده . وقد رأينا في بحث الدوران انه يكون مع خضاب الدم مركباً ثابتاً « خضاب الدم الفحم » لا ينفع في التنفس ، وتعتبر كل كرية حمراء اصابتها حمض الفحم كرية مفقودة . ومتى بلغت نسبة حمض الفحم في الهواء $\frac{1}{800}$ اُتلف نصف الكريات الحمر

في نصف ساعة ، وهو خطر متى كانت نسبته $\frac{5}{1000}$ وضار متى كانت نسبته $\frac{1}{1000}$ ،

خاصة في الاشخاص الذين يعيشون في مثل هذا الوسط ٨ - ١٠ ساعات متوالية .

ويصادف حمض الفحم في غاز الاستصباح بنسبة ١٠ ٪ لذا كان تسرب هذا الغاز من الانابيب شديد الخطر ، ويصادف ايضاً في كل مرة يحترق فيها الفحم احتراقاً ناقصاً أو احتراقاً بطيئاً ، واخطار مناكل الفحم اشهر من ان تذكر في بلادنا وضحاياها عديدة وإذا اشمل الفحم في مواقع سيئة التهوية انتشر اكسيد الكربون الى الغرف واثّر في سكانها . وينتشر هذا الغاز في مراتب السيارات حيث يحتوي دخان المحركات على كميات كبيرة منه . كما ينتشر ايضاً في قاعات التدخين حيث ينتشر من كل خمسين غراماً من الطباقي ليقتران من حمض الفحم . لذا يحدث الطباقي في مدمني التدخين فقر دم يدعى فقر دم المدخنين .

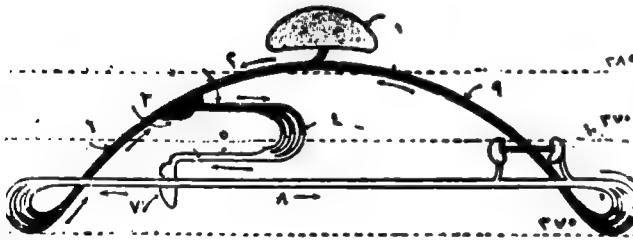
وهناك غازات سامة أخرى أقل تصادفاً من حمض الفحم ككبريت الهيدروجين وغاز الكلور والايبيريت والفوسجين والخب . . تتلف كل انسيج الرئتين وتقضي الى الانسام السريع . وينتشر كبريت الهيدروجين (حامض كبريت الماء) من المراحيض والمجارير العامة السيئة التهوية ، وقد يجتمع في جيوب تنبثق فجأة فتقتل من بجرارها في الحال .

الحرارة الحيوانية

توليد الحرارة : تنشر كافة الحيوانات حرارة بفضل الاحتراقات التي تتم في انسجتها، بيد ان كمية الحرارة المنتشرة تختلف بحسب الانواع: فهي قليلة في اللافقاريات وفي الفقريات الدنيا (الاسماك والضفادع والزواحف) ، كثيرة في الفقريات العليا كالطيور والثدييات . أما حرارة الانسان فهي ثابتة تفوق في الغالب حرارة المحيط وتراوح بين ٣٦,٥ و ٣٧ درجة .

قياس الحرارة: تقاس الحرارة في الانسان والحيوانات إما بقياس حرارة طبي (محرار) حساس ، أو بواسطة مسبار حراري كهربائي . وندرج فيما يلي بعض نتائج القياس بهذا المسبار الاخير .

أ — دم القلب الايسر أبرد من دم القلب الايمن بـ ٠,٢ من الدرجة وبؤيد ذلك ما ذكرناه من ان الدم يبرد بتماس الرئتين بفعل الاستبخار .



(شكل ٤٤)

درجات الحرارة في مناطق جهاز الدوران المختلفة
١- الكبد ٢- الشريان الرئوي ٣- القلب الايمن
٤- الرئة ٥- الوريد الرئوي ٦- الوريد الاجوف
السفلي ٧- القلب الايسر ٨- الوتين ٩- الوريد
الاجوف السفلي ١٠- الكلية

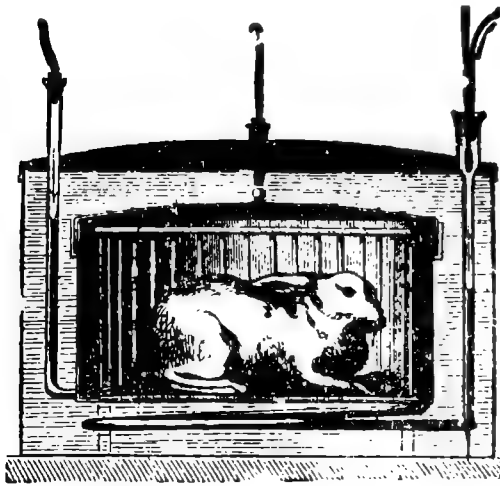
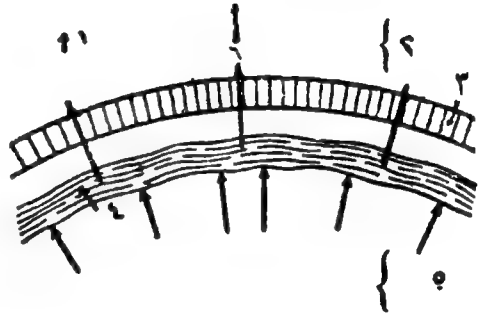
ب — حرارة الدم في الشرايين ثابتة لانهبط إلا في المحيط (الجلد) .
ج — تزايد حرارة الدم في الوريد الاجوف السفلي من منشئه حتى وصوله الى الحجاب الحاجز ثم تثبت ، وتكون حرارة الدم تحت الكليتين واحدة سواء في الوتين أم في الاجوف السفلي

وتباين فوقها فتزيد حرارة الدم الوريدي على حرارة الدم الشرياني . وبسهل تطيل ذلك إذا عرفنا ان الاوردة فوق الكبد تصب في الوريد الاجوف السفلي في حذاء الحجاب الحاجز فتأتي بدم الكبد الحار والكبد أسخن عضو من أعضاء البدن إذ تبلغ حرارتها ٣٨,٥ درجة نظراً لشدة الاحتراقات فيها .

د — الحرارة المتوسطة في الانسجة المختلفة متساوية تقريباً إلا في نسيج المحيط حيث تهبط
هـ — اسخن الاعضاء التي يتم فيها اكبر عدد ممكن من الاحتراقات الكبد ٣٨,٥ لذا تكون الاعضاء العاملة اسخن من الاعضاء المستريحة .

شكل (٤٥)

التوازن بين ضباغ الحرارة وتوليدها
١ — الاشعاع والنقل يساوي :
٢ — الضباغ — ٣ — الجلد — ٤ — الدم
٥ — التوليد ويتم في النسيج
٦ — الوسط الخارجي



شكل (٤٦) مسمار مائي

قياس كمية الحرارة المنتشرة : رأينا أن درجة حرارة الجسم ثابتة ولا تتبدل سواء برد المحيط الخارجي أم سخن . ولكي يحتفظ الجسم بحرارته ولا يفقد منها شيئاً يجب ان يسخن مثلاً لكي يبقى الماء ساخناً يجب أن تتركه على النار وإلا يبرد وكذلك القول في اجسامنا ، إذ يفقد جسمنا دائماً كمية من الحرارة ينشرها بالاشعاع والنقل

فيبرد الدم في حذاء سطح الجلد باستمرار . ولتوزيع هذه الخسارة وحفظ الحرارة ثابتة يجب أن تتولد في باطن البدن كمية من الحرارة تساوي الكمية المنتشرة . وقيس المبرار درجة الحرارة في مناطق البدن المختلفة ولكنه لا يقيس كمية الحرارة الحاصلة ، لذا يستعمل لقياس هذه المسمار وتقدير قيمتها بالحرارة (والحرارة الف حريرة وهي كمية الحرارة اللازمة لتسخين كيلو غرام واحد من الماء درجة واحدة) .

الحرارة المنتشرة : وجد بواسطة مقاييس خاصة تدعى المساعر إن الانسان المستريح العائش في وسط حرارته ١٦ درجة ينشر في ٢٤ ساعة ٢٣٠٠ - ٢٤٠٠ حريرة تقريباً ، وينشر متى قام بعمل ٤٠٠٠ - ٥٠٠٠ حريرة ، فيرافق كل عمل عضلي انتشار حرارة اضافية كما تسخن كل عضلة عاملة ، ولطالما شعرنا بالدفيء اثناء التمارين الرياضية . وقد رأينا أن القدرة المتولدة في العضلات العاملة لا تنقلب كلها إلى عمل انما يبقى منها قسم يتجلى بشكل حرارة ، يستعملها الانسان في حفظ حرارته ، فالحرارة إذاً فضلة من فضلات القدرة في البدن .

منشأ الحرارة : تنشأ الحرارة من احتراق الاغذية في النسيج . قد ذكرنا في بحث التنفس عدد الحريرات التي تنتشر من احتراق غرام واحد من كل نوع من أنواع الاغذية الثلاثة : سكريات (٤ ح) والدم (٩ ح) والمواد الآحية (٤ ح) . فيوافق تناول كمية معينة من الغذاء ، انتشار كمية من الحريرات ، وهكذا يسهل تعيين الحرارة التي ينشرها الشخص بدون اللجوء الى المساعر ، إذ اننا متى عرفنا كمية الاغذية التي تناولها وعرفنا تركيبها وعرفنا ان ١٠ ٪ منها لا تنخص فنذهب هدرأ ، أمكننا الوصول الى نتائج تشبه النتائج المجتناة من المساعر .

استعمال الحرارة المتولدة : يولد الشخص الكاهل المستريح ٢٣٠٠ - ٢١٠٠ حريرة في أربع وعشرين ساعة ويحترق في الوقت نفسه كمية مساوية لان حرارته تبقى ثابتة ولا تنقص وقد بينا طرق التوليد فليبين الآن طرق الخسارة :

نحترق في كل ٢٤ ساعة ١٧٠٠ حريرة بالاشعاع والنقل عبر الجلد ، و ١٠٠ حريرة بتسخين الهواء المستنشق والاغذية والمشروبات المبتلة ، و ٥٠٠ حريرة بالاستبخار بتناس مخاطية

الرئتين ولستمعمل القدرة الغذائية الباقية للاعمال الداخلية كعمل القلب وعمل عضلات التنفس والمقوية المضلية وافراز الغدد وتنبيه الاعصاب والخ...

وتتناسب شدة الاشعاع طرداً مع سعة سطح الجلد ، فتتشر الحيوانات الصغيرة كمية من الحرارة اكبر نسبياً مما تتشره الحيوانات الكبيرة وذلك بحسب المبدأ الهندسي المعروف الذي يبين أن السطوح تنمو بحسب تربيع أبعادها الخطية وأن الحجوم تنمو بحسب تكعيب هذه الابعاد . فلا تناسب زيادة الحجم زيادة كبيرة على السطح ، ولهذا يخسر الطفل كمية من الحرارة ، اكبر نسبة الى حجمه ، من الكمية التي يخسرها الكاهل بالنسبة الى حجمه ، لان سطح الجلد بالنسبة الى الحجم اكبر في الطفل منه في الكاهل .

الاعضاء المولدة للحرارة : تتولد الحرارة في كل نسيج إذ تحدث احتراقات في كل خلية من خلايا البدن بيد أن الاحتراقات تكون اكثر وأشد في بعض الاعضاء كما في الغدد والعضلات فننشر هذه كمية اكبر من الحرارة ، وقد بين القياس بالابر الحرارية الكهربائية أن الغدد تسخن درجة واحدة في أثناء الطعام حين يفزر الافراز ، وأن الكبد حارة دوماً (٣٨.٥ °) تسخن الدم المار فيها ٣.٥ درجة ، وتعطي البدن في أربع وعشرين ساعة ٤٠٠ حريرة .

أما العضلات فهي اكبر مولد للحرارة إذ تنشر ولو كانت مستريح ٤٠ ٪ من مجموع كمية الحرارة اللازمة للانسان ، لأنها تكون في حال الراحة متقلصة تقلصاً خفيفاً (المقوبة المضلية) . أما في حال العمل فانها تنشر ٦٢ ٪ من كامل كمية الحرارة إذ تسخن العضلة العاملة ٥٠ - ١ درجة ، كما ترتفع الحرارة المركزية العامة أثناء التمارين المضلية درجة تقريباً .

أما الجملة المصبية فكمية الحرارة التي تولدها بنفسها قليلة ، وقد رأينا أن العمل الفكري يرفع درجة الحرارة العامة ٠.١ الدرجة فقط في ساعة واحدة . ولكنها تعمل على توليد الحرارة بصورة غير مباشرة في غيرها من الاعضاء إذ هي التي تنظم حركات العضلات وافراز الغدد ، بأعصابها المحركة والمفرزة وقد سميت هذه الاعصاب لذلك الاعصاب الحرارية .

تنظيم درجة الحرارة: تتبدل درجة الحرارة في بعض الحيوانات كاللافقاريات والاسماك والضفادع والزواحف بتبدل درجة حرارة الوسط الذي تعيش فيه ولكنها لا تساوي ابدأ درجة هذا الوسط تماماً بل تزيد عنها $1^{\circ} - 3^{\circ}$ في الزواحف و $0.5 - 1.5$ درجة في الحيوانات الاخرى ، وتسمى هذه الحيوانات الحيوانات ذات الحرارة المتبدلة وهي لا تنتشر إلا كمية ضئيلة من الحريات .

وتبقى درجة الحرارة ثابتة في الحيوانات الاخرى على الرغم من تبدلات حرارة الوسط الذي تعيش فيه ، فتسمى الحيوانات ذات الحرارة الثابتة أو المتساوية كالانسان (37°) وبقيسة الثدييات حيث تكون الحرارة قريبة من 39° في سائر أنواعها ما عدا الطيور التي تبلغ حرارتها 41° . ويعود ثبات درجة الحرارة في هذه الزمر الى الكفاح الذي تقوم به أجسامها ضد البرد وضد الحر بفضل التنظيم الحراري .

ابراز الفضلات

تتولد من احتراق الاغذية في الخلايا حرارة وقدرة ، وتبقى بعد الاحتراق فضلات يتحتم اخراجها لانها سامة في اكثر الحالات وتسمى اخراج الفضلات الضارة الابراز . والفضلات غازية كغاز الفحم يضبطها الدم ويسوقها الى الرئتين حيث تطرح وتبرز ، وسائله يسوقها الدم ايضاً الى أعضاء الابراز (الكليتين وغدد العرق والكبد) التي تطرحها بشكل بول أو عرق أو صفراء .

افراز البول و ابرازه

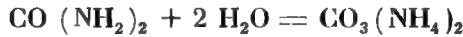
البول : هو الواسطة التي يتخلص بها الجسم من فضلاته الآزوتية ومن القسم الاكبر من فضلاته الملحية ، وهو سائل أصفر وتفاعله حامض خفيف ، ويكون التفاعل حامضاً واضحاً في الحيوانات اللاحمة وقلوباً في النباتيين . وتقدر كمية البول التي يطرحها الانسان وسطياً في أربع وعشرين ساعة بـ $1200 - 1400$ غ وتبدل هذه الكمية عوامل كثيرة وتنقصها الحمى للتعرق الغزير الذي يرافقها . ويلاحظ دائماً توازن بين البول والعرق فينقص الواحد متى زاد الآخر لاسيما في الايام الحارة .

تركيب البول : يحتوي اللتر الواحد من البول وسطياً على ٩٥٠ غراماً ماء و ٣٠ غراماً املاحاً معدنية وثلاثين غراماً مواد عضوية .

١ — الملاح المعدنية : تتألف من ١١ غ من كلور الصوديوم و ٣ غ من الكبريتات القلوية و ٣ غ من فوسفات الصوديوم الحامضة وفوسفات الكلس . وتعد الكلية أهم طريق ينطرح منها ملح الطعام وإذا تراكم هذا الملح في البدن أما لكثرة ما يرد منه بالطعام أو لاختلال بطراً على الكلية حدث الاستسقاء (ورم رخو) ، أما الفوسفات فلا تنطرح مع البول إلا إذا كان الطعام حيوانياً لأنها تنشأ من تخریب الانسجة الفوسفورية والهيّن ، أما إذا كان الطعام نباتياً فإنها تنطرح بالامعاء فقط .

٢ — المواد العضوية : تتألف من البولة (٢٥ غ في اللتر) ومن حامض البول (٥٥ غ) وبولات الصوديوم والكالسيوم (٥٠ غ) وحامض بول النخيل (وهو كثير في بول النباتين والحميين) (كره آتئين) ومن صباغ أصفر ينشأ من طرح الاصبغة الصفراوية يدعى صفراء البول .

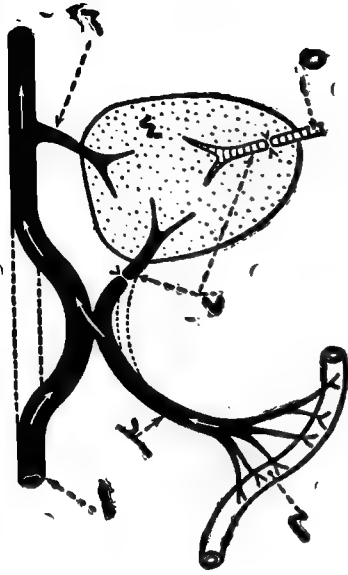
البولة : هي مادة عضوية سيقتها $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ تنشأ من تخریب المواد الآحية وتشبه البولة متى ترك البول يتماس الهواء مدة ، بفعل جرثوم خاص يدعى المكورة الدقيقة البولية (يوجد في الهواء بكثرة) فتتقلب الى فحات الأمنيوم وفقاً للتفاعل الآتي :



ويسمى هذا الانقلاب الاختمار الامونيائي ، ثم تتحلل فحات الامونيوم بحرارة الجو الى غاز الكربون وأمونياك ، لذلك تنتشر رائحة الامونياك الشديدة من المبال ومن البول الآخذ بالتفسخ .

منشأ البولة : تتكون البولة في سائر الاعضاء فهي فضلة من الفضلات الخلوية بيد أنها أكثر في خلايا الكبد منها في الخلايا الاخرى . وقد اعتبر تكوينها وظيفة من وظائف الكبد الاساسية ، وأثبتت هذه الوظيفة بمدد من التجارب :

أ - إذا استؤصلت الكبد في حيوان نقصت كمية البولة في بوله :



شكل (٤٧) ناسورايبك

- ١ - الوريد الاجوف السفلي ٢ - معاء
- ٣ - وريد الباب ٤ - كبد ٥ - شريان
- كبد ٦ - الوريد فوق الكبد ٧ - رباط

ب - يحتوي الدم في الاوردة فوق الكبد (الدم الصادر من الكبد) كمية من البولة اكبر من السمية التي يحتويها دم وريد الباب (الدم الوارد إلى الكبد .

ج - تجربة ناسورايبك : يربط الشريان الكبدي ووريد الباب في كلب ، ثم يساق الدم من وريد الباب مباشرة إلى الوريد الاجوف السفلي بدون أن يمر على الكبد بمفاغمة وريد الباب بالاجوف السفلي فتعزل الكبد هكذا عن الدوران فيلاحظ نقص في كمية البول تعقبه اضطرابات عصبية خطيرة يتلوها الموت . ويحدث الموت بالانسمام ، لظهور المركبات الامونياكية السامة في الدم .

وهكذا تتحول أملاح الامونياك السامة الناتجة من تخريب الآحيات الى بولة قليلة السمية لذا تعتبر وظيفة الكبد البولية في نفس الوقت وظيفة مضادة للسموم .

حامض البول : وينشأ من تخريب المواد الهيمولية النووية الموجودة في بعض الاعضاء كالكبد والغدد الصغرية (التيموس) . وكثيراً ما يترسب ، متى زادت كميته في البول ، في الطرق البولية فيكون بعض أنواع الرمال والحصى الكلوية أو الحصى المثانية . وإذا زادت كميته في الدم ترسب في المفاصل وكون مرضاً يعرف باسم مرض النقرس .

صفراء البول : هي صباغ أصفر يشتق من ياقوت الصفراء الصباغ الصفراوي الذي

تحوله جراثيم الامعاء ، فيمتص مع الكيلوس ثم ينطرح من الدم بالكيتين . وإذا عرفنا أن
ياقوت الصفراء نفسه ينشأ من تخريب خضاب الدم أدر كنا العلاقة بين صباغات أخلاط
البدن الثلاثة : خضاب الدم وياقوت الصفراء وصفراء البول التي يشتق بعضها من بعض .

سمية البول : يموت الحيوان إذا استوصلت كليته أو ربط حالباء ، وينشأ موته من
التأسر أي من انحباس العناصر السامة التي كانت تنطرح مع البول ، في الدم . وتمزى سمية
البول لا إلى البولة بل إلى ملاح البوتاس والمواد الملونة .

عناصر البول المرضية : نذكر منها سكر العنب والآحين والحصىات أو الرمال .

أ — سكر العنب : متى اختلت وظيفة الكبد السكرية أو متى اختل استهلاك السكر
في النسج لآفة في المشكلة . تراكم السكر في الدم وانطرح مع البول متى بلغت نسبته فيه ٣
بالاف ويسمى ذلك الداء السكري (ديايت) . ويكشف وجود السكر في البول بالتسخين
البول السكري مع سائل فلنك فيحدث راسب أحمر أجري .

ب — الآحين : تنضي آفات الاناييب البولية إلى مرور آحيات الدم منها إلى البول
ويسمى ذلك البول الآحيني (داء الزلال) ويكشف وجود هذه المادة في البول بالتسخين
وبحماض الخل الثلاثي الكلور .

ج — الحصىات : قد تكون بولانية أو حمضية أو فصفائية وقد تكون مزيجاً من
الملاح الثلاثة .

افراز البول : توجد عناصر البول كلها في الدم وتفرزها الكليتان افرازاً ولا تصنعها
صنعاً وقد أثبتت ذلك الوقائع التالية :

أ — إذا استوصلت الكليتان أو ربط الحالبان حدث الموت بالتأسر أي بتراكم عناصر
البول في الدم .

ب — كمية البولة في دم الوريد الكلوي أقل منها في دم الشريان الكلوي ويدل ذلك
أن الكلية خلصت الدم الذي ورد إليها من قسم من بولته .

ج — يصنع القسم الأكبر من البولة في الكبد ويصنع القسم الباقي النسج ، وقد

ينتج ذلك بتجارب خاصة ، وكذلك البولات فانها تتراكم في النسيج في الدم متى استؤصلت الكليتان .

فمناصر البول إذا فضلات تدفعها الاعضاء إلى الدم وتفرزها منه الكليتان وتبرزها طرق البول .

آلية الافراز : يمر الدم في الكلية بتاس الانابيب البولية فتأخذ منه خلايا جدران الانابيب عناصر البول وتطرحها في المعة حيث تختلط وتكون البول .
وليست اقسام الانابيب البولية كلها سواء في العمل بل لكل قسم من اقسامها وظيفة خاصة ونميز منها وظيفتان : وظيفة الكبات ووظيفة الانابيب .

أ رشح مصورة الدم في الكبات : يدل تحليل البول الراشح من الكبات على أنه يتألف من نفس مركبات مصورة الدم عدا البروتينات . فالكبة إذذن نفوذه للماء والاملاح المعدنية والبولة ، وحمض البول ، وسكر العنب التي تنفذ من الكبة إلى محفظة بومان .

ب — الارششاف الانتقائي لبعض المواد في الانابيب المترجة وفي عروة هائلة : في تماس الخلايا المفرزة في الاقسام المتسة من الانابيب البولية (الانبوب المترج ، والشعبة الصاعدة من عروة هائلة) يمود الماء والمواد ذات العتبة من جديد الى الدم . وهذا الارششاف يكون كاملاً بالنسبة لسكر العنب وجزئياً بالنسبة لسكر البوديوم وذلك تباً لحد العتبة الكلوية .

دور الجملة العصبية في ابراز البول : لم تعين اعصاب مفرزة خاصة بالكليتين بل تشترك الجملة العصبية المحيطة في ابراز البول بصورة غير مباشرة ، بواسطة الاعصاب الحركية اللاوعية ، التي تؤثر في قطر الاوعية فتزيد في ضغط الدم (بتضييق القطر) أو تنقصه (بتوسيعه) مبدلة بذلك كمية البول المفرز ؛ وقد وجد في قاع البطين الرابع مركز يحدث تنبيهه بوالا (بولا غزيراً) كما تتصف بعض المواد إذا شربت مناقيمها كالبولة

والقهويين (كافة ثين) وشرش النجيل ونواصي الذرة ومعاليق (اذئاب) الكرز والخ .. بصفات مدرة تزيد في كمية البول .

ابراز البول : تجمع البول قنوات بليبي وتسوقه الى الحويضة . ثم يسوقه الحالبان الى المثانة حيث ينصب قطرة فقطرة بمقدار قطرة كل عشرين ثانية تقريباً . فتمتلئ المثانة وتوسع تدريجياً ويفلق ضغط البول على جدرانها متى امتلأت ، فوهني الحالبين . وتفرغ المثانة بالانعكاس متى بلغت كمية البول فيها وسطياً ٥٠٠ - ٦٠٠ سم^٣ فتقلص عضلات جدرانها الملص كما تقلص عضلات جدار البطن التي تجاورها . ويندفع بعض القطرات الى الاحليل فتنبه حس الحاجة إلى البول فتفتح المصرة الاحليلية ويسيل البول من الاحليل . وتقاوم هذه المصرة إلى حد ما انقراغ البول لتقلصها بتأثير الارادة ؛ ولكن تقلصات المثانة تغلبها على أمرها متى اشتدت . وللبول مركز عصبي في الناحية القطنية المجزية من النخاع الشوكي .

شأن البول في البدن : يتخلص البدن بواسطة البول من فضلاته الضارة أو السامة ومن ذيفانات الجراثيم أحياناً ، كما ينظم ضغط الدم ويسهر على حفظ تركيبه الكيميائي من التبدل .



ابراز العرق

ينطرح قسم من الفضلات بواسطة الغدد العرقية التي تفرز العرق في أدمة الجلد .
الغدد العرقية : تتألف كل غدة عرقية من أنبوب مبرز بسيط متعرج يصل إلى سطح



شکل (٤٩)

غدة عرقية

١ - كبة

٢ - قناة مبرزة

٣ - مسام

٤ - أوعية دموية

الجلد بالادمة ، طوله ٢ مم وقطره ٠.١ مم . ويتصل هذا الأنبوب في الادمة بأنبوب ملتف على نفسه يدعى الكبة . وتفتتح الانابيب المبرزة على سطح الجلد بفوهات دقيقة تدعى المسام تبلغ المليون عدداً (بمدد الغدد) وتتوزع الغدد العرقية في الجلد بصورة غير متساوية فهي كثيرة في الجبهة والصين وأخص القدم وراحة اليد حيث يعد منها ٣٠٠ في الساتمتر المربع .

العرق : العرق سائل رائق لالون له ، رائحته كريهة ، طعمه ملح وتفاعله حامض خفيف . أما تركيبه فيشبه تركيب البول ولكن ماءه اكثر لذا يعتبر بولاً ممدداً . وفيه حموض دسمة طيارة ودسم .

وتتراوح كمية العرق المبرزة في ٢٤ ساعة بين ٦٠٠ - ١٠٠٠ غراماً أي ٣٠ - ٤٠ غراماً في الساعة . وتبدل هذه الكمية عوامل كثيرة منها الحرارة ، والشرب ، ونشاط الكلية أو كسلها ، والتمارين العنيفة . وافرار العرق مستمر ولكننا لانشعر به إلا متى كان غزيراً .

آلية افراز العرق : تؤثر الجملة العصبية في افراز العرق تأثيراً بيناً إذ نشاهد غالباً أثناء التمرق نشاطاً في الدوران واحمراراً وحرارة في الجلد . بيد أن التمرق لا يقتضي حتماً توسعاً في الاوعية ونشاطاً في الدوران ، اذ يتفصد بتأثير الانقصالات والصدمة النفسية عرق غزير بارد تضيق معه أقطار الاوعية بدلاً من أن تتسع فيشحب الجلد والحافات .

نستنتج من ذلك ان للعرق أعصاباً مفرزة خاصة تدعى الاعصاب المعركة مركزها البصلة
السيائية .

والتعرق فعل انعكاسي يحدثه تنبه الاعضاء الحسية في الجلد بالحرارة . والحرارة المنبهة
خارجية كحرارة الجو وداخلية ، إذ ينبه ارتفاع درجة حرارة الدم غدد العرق ، تنبيهاً
مباشراً فيحدث التعرق .

وظائف العرق : أ - يخلص العرق البدن من الفضلات كالبول ، ولكن وظيفته هذه
قليلة القيمة . بيد أنه يجب الاعتناء دائماً بنظافة الجلد نظافة تامة لرفع الفضلات الصلبة التي
يبقيها العرق فوقه بعد تبخره ولفتح مسام الفدد .

ب - يلين العرق الجلد فيساعده على ضبط الاحساسات بدقة .

ج - يعد العرق عاملاً أساسياً في تنظيم حرارة البدن إذ يمتص باستبخاره كمية
كبيرة من حرارة الجلد .

ابرار الصفرار

تخرج الصفرار من الكبد بواسطة قناة تدعى القناة الكبدية ، ثم تجري في القناة
الجامدة حتى تصل الى المفج فتصب فيه أثناء الهضم وتمزج مع عصارة المعشكة (البانكرياس)
وتخترن الصفرار في فترات الراحة في الحويصل الصفراروي . وبطلق على القنوات التي تجري
فيها الصفرار اسم المجاري الصفراروية .

وقد رأينا أن للصفرار تأثيراً هاضماً بيد أنها تعتبر في الاصل وسيلة من وسائل طرح
الفضلات لأنها تحتوي على كثير من المواد الشديدة السمية كاصبغة الصفرار واملاحها التي
تحدث ، متى انحبست في الدم ، اصفراراً في الجلد وأعراضاً سمية (اليرقان Ictère) .

استخراج الصفرار : تستخرج الصفرار من نواصير تفتح في مجاريها ، ويتم فتح
الناسور بعملية جراحية فتصب الصفرار مباشرة إلى الخارج وتجمع .

افراز الصفرار وافراغها : تفرز الكبد الصفرار باستمرار ولكن انصبابها في المفج
منقطع فتراكم الصفرار بعد انتهاء الهضم في الحويصل الصفراروي . ولا تنصب في المفج إلا

حين يبدأ الهضم المعوي من جديد . ويتفرغ الحويصل الصفراوي في الامعاء بطريق القناة الجامعة ، بتأثير التنبيه الذي تحدثه ملاسة الكيموس لمخاطية العفج ، وينقطع انصباب الصفراء بعد انتهاء الهضم بعشر دقائق تقريباً فلا نجد في الماء حين الصيام شيئاً منها .

تركيب الصفراء : الصفراء سائل لزج خائض ، مر الطعم ، قلوي التفاعل ، لونه أصفر ذهبي ينقلب إلى أخضر بتعريضه الى الهواء ، ولا يتخثر بالحرارة . ويحتوي اللتر من الصفراء ٨٥٠ غ ماء و ١٥٠ غ مواد منحلة ونذكر منها الملاح الصفراوية والاصبغة الصفراوية وشمع المرة (كولسترين) ، وقليل من المواد المخاطية والصابون والدم . ونصادف في الصفراء ايضاً كلور الصوديوم وكلور الكالسيوم والمغنيزيوم واثراً من الحديد .

الملاح الصفراوية: اشتهرها ملحقان غليكو كولات الصوديوم وطورو كولات الصوديوم .

الاصبغة الصفراوية : وهي ياقوت الصفراء (البيليرويين) ذو اللون البرتقالي وزمرد الصفراء (البيلفردين) ذو اللون الاخضر وينشأ من تحميض الصباغ السابق .

شمع المرة (الكولستيرول) : هو مادة غواية كحولية مجردة من الآزوت تستخرجها الكبد من الدم لتطرحها مع الصفراء ، ويصبرها البعض فضلة من فضلات النسيج العصبي ومتى زادت كمية شمع المرة في الدم ترسب في الطرق الصفراوية بشكل رمال أو حصيات تحدث إذا تحركت لتتطرح ، قولنجات كبدية مؤلمة .

سمية الصفراء: لا تحدث الصفراء إذا أخذت بطريق الفم أي انزعاج بل تنشط على عمل الكبد وتصلح انبواب الهضم . أما إذا حقنت في البدن حقناً ، في الوريد أو تحت الجلد ، فانها تحدث انسهماً شديداً أشد من الانسهاً بحقن البول بقسع مرات .



الحركة وأجهزتها وأنواعها

الحركة صفة تتصف بها سائر المخلوقات الحية التي تحتاج إلى تبديل مكانها سعيًا وراء الاغذية اللازمة لدوام حياتها كما تحتاج إلى تحريك هيولى خلاياها لامتناع الاغذية وضمها ونبد الفضلات الحاصلة منها . فالحركة إذن نوعان : حركة باطنة وحركة ظاهرة .

الحركات الباطنة : نميز منها :

١ - حركات الهيولى الخلوية وهي حركات لا تبدو إلا بفحص الخلايا منفردة تحت المجهر وتشارك فيها سائر الكائنات الحية .

٢ - حركات الاهتداب الممتزة التي تظهر خاصة في بطانة الرغامى والقصبات .

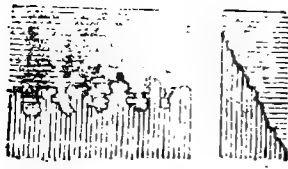
٣ - حركات الاحشاء والمصترات ، وهي حركات باطنة ايضاً تختفي تحت جدران البدن وتشتمل على تقلصات لا تخضع لارادة الانسان كتقلصات القلب والاوعية وتقلصات المعدة وحركات الامعاء الحولية وتقلص المصترات الخ ...

الحركات الظاهرة : وهي الحركات التي تمكننا من تبديل مكاننا ومن مسك الاشياء وتناولها واجراء الاعمال اليدوية والخ ... ويساعد على الاتيان بها جهاز عضلي يتقلص فيحرك قطعاً صلبة هي العظام تقوم بأعمال تشبه عمل الروافع . وبدير تقلص العضلات جهاز خاص يدعى الجهاز العصبي . وقد درسنا في الصفوف السابقة العظام وأشكالها أما الآن فسندرس كيفية اتصال هذه العظام ثم كلاً من الجهاز العضلي والعصبي على التوالي .

المفاصل

المفاصل مواضع تلتقي فيها العظام . وهي على ثلاثة أنواع : ثابتة ونصف متحركة ومتحركة .

١ - المفاصل الثابتة وتسمى بالدروز (ومفردها درز) تكون فيها حافتا العظمين



شكل (٥٠)
المفاصل الثابتة

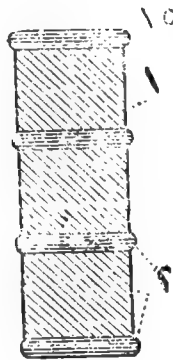
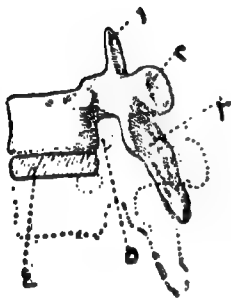
مسننتين تتداخلان ، أو مقطوعتين قطعاً كبيراً القلم
فترا كان كما في عظام الجمجمة . وتلتحم هذه
المفاصل أحياناً مع تقدم السن التحاماً تاماً .

٢ - المفاصل نصف المتحركة : حركتها
محدودة وتفصل العظام فيها أقراص ليفية غضروفية
مرنة كما في المفاصل بين الفقرات وفي وصل العانة .
٣ - المفاصل المتحركة : الحركة فيها واسعة

ومتنوعة كما في مفاصل الأطراف
ونذكر كمثل على المفاصل المتحركة
المفصل الحرقفي الفخذي .

تحتوي النهايتان العظيمتان :

١ - على سطحين مفصليين
متوافقين قابلين للتطابق يتداخلان
في بعضها فيدخل رأس الفخذ
المحدد في الجوف الحقي المقعر .



(شكل ٥١) المفاصل نصف المتحركة (شكل ٥٢)

١ - أجسام فقرية ١ - ناتي . مفصلي علوي

٢ - أقراص غضروفية ٢ - ناتي . مفصلي معترض

ليفية ٣ - ناتي . شوكة

٤ - قرص غضروفي

٥ - ثقب اتصال

٢ يكسو السطحين المفصليين
غضروف أملس يخنق صوت اصطدام
العظمين كما يخفف بمرونته من
وطأ هذا الاصطدام .

٣ - في المفصل سائل زيتي يراق يسهل الانزلاق

الحركة ويمنع انشكال النهايتين بفعل الاحتكاك ويسمى آح

المفصل ، وتربط العظام ببعضها ربط (جمع ربط) مرنة تمتد من نهاية العظم الواحدة الى
الثانية . وللمفصل ايضاً محفظة ليفية تحيط به كالكم تمنع الربط . ولا تنس ما للضغط الجوي
من تأثير في توثيق ربط النهايات العظمية ببعضها لخلو جوف المفصل من الهواء .

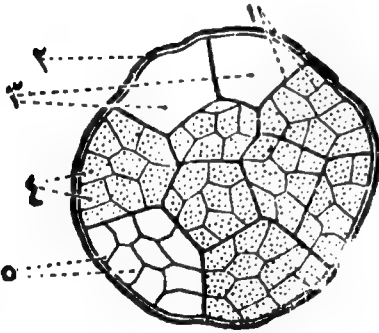
الجهاز العضلي

العضلات هي الاعضاء الفعالة في الحركة بينما تعتبر العظام أعضاء منفصلة فيها ، وتنجم عن تقلصها قوة ، تؤثر في المنطقة التي تتركز عليها ، فتحركها كما تحرك القوة ذراع الرافعة وتؤلف العضلات القسم الاحمر من الجسم (اللحم) .

بنية العضلات وأنواعها

العضلات ثلاثة أنواع :

- ١ - عضلات حر مخططة : وهي عضلات تقلصها ارادي وسريع كعضلات الاطراف .
- ٢ - عضلة القلب وهي حمراء ومخططة لكن تقلصها لا يخضع للإرادة .
- ٣ - عضلات بيض أو ملس تقلصها غير ارادي وبطيء كعضلات الامعاء .



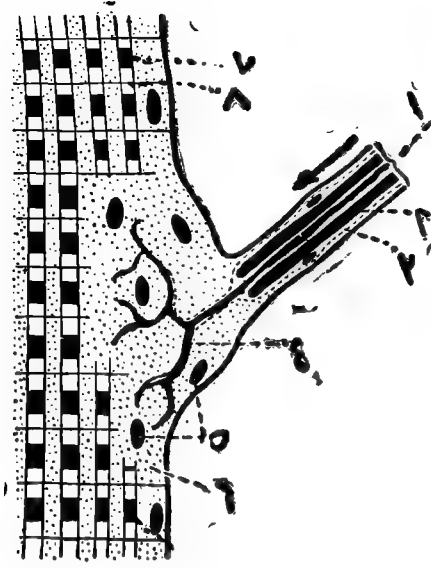
شكل (٥٣)

مقطع عرضي في عضلة

- ١ - حجب ضامه ٢ - غشاء العضلة
- ٣ - مساكين ٤ - حزم ليفية
- ٥ - حجيرات عضلية

العضلات المخططة : شكلها مغزلي في

القالب ، فالقسم المتسع الاحمر فيها يسمى بطن العضلة ونهاياتها البيضاء وتسمى بالعضلات المتكسرة. الوترين وهما ليفيان مرنان تتركز بهما العضلة على العظام . وقد تحوي العضلة أحيانا وترين في نهاية واحدة فتسمى ذات الرأسين كذات الرأسين العضدية أو ثلاثة أوتار فتسمى ذات الرؤوس الثلاثة ، كذات الرؤوس العضدية ، أو أربعة أوتار كذات الرؤوس الاربعة الفخذية . وقد يكون للعضلة بطنان متصلان بوتر متوسط كالمعضلة ذات البطنين الدقنية ، وقد تكون العضلة دائرية كدائرة



شكل (٥٤)

- ليف عضلي مخطط مع لوحة محركة
 ١ - ليف عصبي ٢ - نخاعين ٣ - غمد
 ٤ - لفصن المصب • - نواتان
 ٦ - هيولى عضلية ٧ - قرص عاتم
 ٨ - قرص نير

الاجفان أو حلقة تحيط
 بفوهة فتدعى المصرة ؛ أو
 تكون بشكل مرءحة
 كالمضلة الصدغية أو بشكل
 ستار عريض كمضلة الحجاب
 الحاجز التي تفصل الصدر
 عن البطن

بنية العضلات المخططة :

تتألف العضلة من حزم من
 الالياف تبدو بجلاء في لحم البقر
 المنلي ، ويحيط بهذه الالياف
 غشاء ضام لماع يدعى صفاق
 العضلة ، يرسل حجبا بين
 الحزم تقسم العضلة الى مساكن.
 والليف العضلي خلية كبيرة
 يسمى غشاؤها غشاء الليف
 العضلي وهبولاها متكثفة

بشكل أعمدة تدعى الليفيات . ويتألف كل ليف من أقراص عاتمة وأقراص نيرة تتوالى
 بانتظام قرص عاتم فقرص نير ، وكصطف الليفيات في داخل الليف متوازية بصورة
 تتحاذى معها الاقراص المتماثلة في مستوى واحد . فيبدو الليف هكذا مخططا .

العضلات الملسى : هي عضلات لا يخضع تقلصها للإرادة وليس في أليافها تخطيطات .

والليف العضلي الملس خلية كبيرة مقزلية فيها هيولى ليفية بيد أن ليفاتها مجردة من
 الاقراص العاتمة والنيرة . وبصادف هذا النوع في جدران الانبوبة
 الهضمية والمثانة والاوعية .

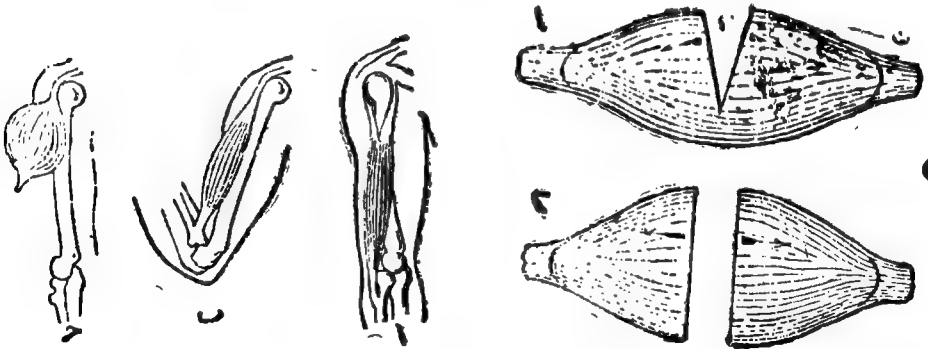
عضلة القلب : هي عضلة حمراء مخططة لا يخضع تقلصها للإرادة ، اليافها متفصنة تتفاغم مع بعضها ، في كل ليف منها نواة واحدة .

ارتباط العضلات بالعظام : ترتكز العضلات في الغالب على العظام ، أما مباشرة على جسم العظم وأما بواسطة الاوتار ، وهي حبال بيض ، فلا يلتصق بطن العضلة بالعظم كما في عضلات الاطراف . وقد ترتكز العضلات من جهة على العظم ومن جهة أخرى على الجلد مباشرة كالعضلة الممددة لقافة الفخذ .

خواص العضلات : تصف العضلات بأربع صفات أساسية هي المرونة ، والمقوية ، والتنبه والتقلص .

اولا المرونة : لنشد عضلة شداً مستديلاً ، ثم لنتركها فنرى انها تتمدد بالشد ثم عادت يبطء الى طولها الاصلي بعد زواله ، فنقول انها مرنة ، وتتملق هذه الخاصية بتغذي العضلة وتزول بعد الموت .

ثانياً - المقوية : لنقطع عضلة حية في حال الراحة فنرى أن طرفيها يتباعدان ، وإذا كان القطع في الوتر قصرت العضلة مقداراً قليلاً وتعتبر هذه الحادثة خاصة بحياة تدعى



شكل (٥٦)

أ - العضلة ذات الرأسين في أثناء الراحة

ب - في أثناء التقلص ج - تقلصها بعد قطع الوتر السفلي

شكل (٥٧)

المقوية العضلية

المقوية يديرها عصب العضلة المحرك. فلو قطع العصب ثم قطعت العضلة بعده لبقى طرفا القطع متلاصقين ولا استرخت العضلة .

ثالثاً التنبيه : تحييب العضلة على التنبيه بالتقلص . وتنبيه اليه عوامل مختلفة نذكر منها المنبهات الآلية كالوخز والقرص والخ . . . والمنبهات الحرارية والمنبهات الكيمياوية كالحوض والقلويات والخ . . والمنبهات الكهربائية كالتيار المستمر وتيار التحريض وتيار المكثفات . والمنبه الفيزيولوجي « الغريزي » وهو المنبه الطبيعي للعضلات ويصدر عن المراكز العصبية ويوصل إلى العضلات بواسطة الاعصاب الحركية .

رابعاً التقلص : متى أثر منه في عضلة ، تقلصت فانقبضت وقصرت وبقي حجمها ثابتاً ، فإذا قلصنا مثلاً بفعل ارادتنا ذات الرأسين العضدية فإنها تقصر وتطف الساعد على العضد .

وللدلالة على ثبات الحجم نضع عضلة في فارورة ونصلها بسلكين ينتهيان الى مولد كهربائي ، ثم نغليء الفارورة ماء ونسدها سداً محكماً بسدادة تمر فيها أنبوب شعري دقيق تعين عليه سوية السائل ، فإذا سدت دارة المولد تقلصت العضلة دون أن تبديل سوية الماء في الأنبوب .

الحركة والتعب والاعياء

تنشأ عن تقلص العضلات قوة تؤثر في أجسام العظام التي ترتكز عليها فتحركها كما تحرك القوة ذراع الرافعة .

ولستهلك العضلة في تقلصها مقداراً من سكر الغلب الذي يرد اليها مع الدم . فتحرقة احتراقاً غير تام بحسب المعادلة التالية :



وينتج عن هذا الاحتراق حمض لبن $C_3H_6O_3$ وبلا ماء فحم وكمية من الحرارة تنتشر

في البدن ، ويخلص دوران الدم السريع العضلة من هذه المحصولات التي تضر بها إذ يتلف حمض اللبن هبولى الليف العضلي ويحترها .

التعب العضلي : يتطلب تنظيف العضلة من محمولات التقلص بعض الزمن . فالعضلة القلبية مبنية بصورة يحدث فيها هذا التنظيف في الفترة بين الاقباضين لذا تتقلص باستمرار دون كلل منذ الولادة حتى الموت . أما إذا أعاق تنظيف عائق أو إذا كانت المحمولات كبيرة الكمية بسبب عمل مستمر طويل المدة فإن حمض اللبن يتراكم في العضلة محدثاً التعب العضلي ، وهو حس مؤلم يتبع كل عمل مفرط ؛ وقد تستمر الآلام في العضلات من جراء التعب بضعة أيام ، وإذا زاد التعب باستمرار العمل ، حصل الاعياء وهو انهام بمحمولات العمل العضلي التي تراكمت في الدم . ونبرهن على وجودها في الدم باننا إذا زرقنا في حيوان مستريح كمية من دم حيوان تعب ، بدت على الاول حالا امارات التعب الشديد . وأكل لحوم الحيوانات المتعبة المنهكة خطر ، يحدث أعراضاً شبيهة واضحة ويقاوم الجسم التعب بالمران اليومي المعتدل والريضة ، الذي ينشط دوران الدم في العضلات ، فيصلح تغذيتها ويسرع ترميمها فيصبح تناسق حركاتها كاملاً وتأخذ شكلها الخاص ، على أن لا يصل هذا المران الى - د التعب المؤذي ، ويسرع التمسيد انطراح حمض اللبن فيخفف التعب .



الجملة العصبية

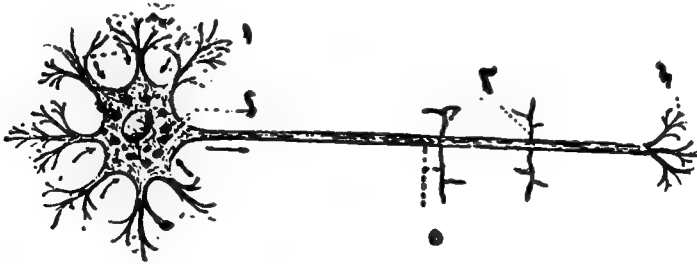
تنسق الجملة العصبية وظائف الأجهزة المختلفة في البدن وتجعله على صلة مستمرة بالمحيط الخارجي . فأجهزة الاستقبال تنبه الاحساسات حيث تسوقها الاقسام العصبية الى مراكز خاصة يتم فيها ادراكها وتسجيلها ثم تعود بالأوامر الى الاعضاء المكلفة بالاجابة .

١ — النسيج العصبي : يتألف النسيج العصبي من خلايا وألياف عصبية . حيث تقوم الخلايا بالانقاط او الارسال وتقوم الالياف بمهمة سوق الاحساسات والاوامر .

أ — الخلية العصبية : وتتميز بكونها خلية ذات فؤاد ضخمة وهيولى غنية بالمصورات الحيوية وفيها حبيبات خاصة تدعى جسيمات نيسل تظهر في الراحة وتختفي حين العمل ، مما دعا مضمهم الى اعتبارها مخدخات غذائية . وفي الهيولى مادة متجانسة تسبح فيها ليفيات متداخلة . ويبرز من الخلية استطالات هيولى متعددة تجعلها مفصصة أو كهيئة ردة-سانك استطالة واحدة متميزة تدعى المحور الاسطوانى ، ترسل أغصاناً جانبية رفيعة بتفصينات ليفية . وتسمى الخلية بحسب شكل استطالاتها الهيولية كثيرة الاقطاب او ذات القطبيين او وحيدة القطب .

والخلية العصبية لا تنقسم ولا تتكاثر .

ب — الليف العصبي : يتألف من المحور الاسطوانى للخلية وهو محاط بغمد مخين يسمى غمد النخاعين له لون صدفى أبيض ويكون منقطعاً حول المحور الاسطوانى ومحاط بغمد

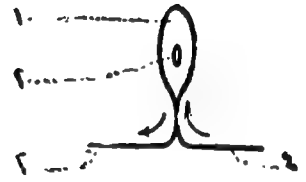
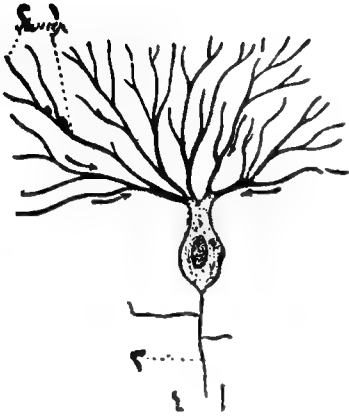


شكل (٥٧)

١ — استطالات هيولى ٢ — جسيمات نيسل ٣ — فروع جانبية

٤ — تفصينات انتهائية ٥ — محور اسطوانى

آخر هو غمد شوان يرص وجهه الباطن عدد من النوى المحاطة بهيولى .
ويبقى الليف محتفظاً بغمديه حتى يصل إلى أحد المراكز أو أحد الاعضاء حيث يتجرد
من غمديه ويبقى محوره الاسطوانى فقط .

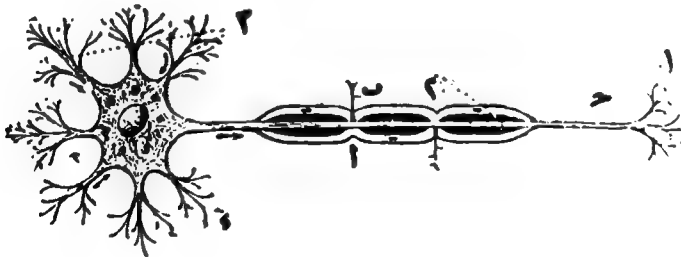


شكل (٥٨)

شكل (٥٩) خلية عصبية ذات قطبين
١ و ٢ - استطالات هيولية
٢ - محور اسطوانى ٤ - فرع جانبي

خلية عصبية بشكل T ذات قطب واحد
١ - هيولى ٢ - نواة ٣ - محور اسطوانى
١ - استطالة هيولية

وهناك الياف عصبية مجردة من غمد النخاعين كألياف الاعصاب الودية وعصب الشم .



شكل (٦٠) وحدة عصبية (عصبون)

أ - ليف عصبي ب - غصن جانبي د - خلية عصبية

١ - تفصينات انتهائية ٢ - غمد النخاعين ٣ - استطالات هيولية

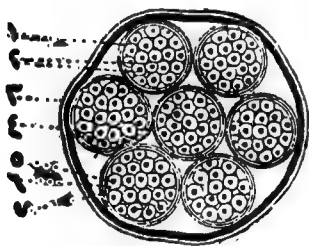
هـ - العصبون : وهو خلية عصبية كاملة مع ليفها . ويسمى لذلك الوحدة العصبية .

فتقوم الخلية بدور مغذ تجاه الليف العصبي الصادر عنها ولو قطع الليف لطراً على جزئه المفصول عن الخلية تبدلات تدريجية تنتهي بموت المحور الاسطواناني وزوال غمد النخاعين ولا يبقى غمد شوان . بينما يبقى جزء الليف المتصل بالخلية حياً فينمو ويطول .
وبننبه العصيون بالنهايات الآلية والكيميائية والفيزيائية .

د - اجتماع العناصر العصبية تنشأ عن اجتماع العناصر العصبية في البدن كتل تسمى عقداً حين تتكون على مسير عصب ما كالعقد الشوكية والعقد النودية . أما إذا استبطنت جوفاً عظيماً كورث ما يسمى بالمركز العصبي كالدماغ والنخاع الشوكي اللذين يتكون كل منهما من مادتين متميزتين .

١ - مادة بيضاء مكونة من الباف عصبية لها غمد نخاعيني وقد جرد معظمها من غمد شوان .
٢ - مادة سنجابية مكونة من خلايا عصبية لها استطالات هيولية ومحاور اسطوانانية ولا تكتسب هذه المحاور غمدها النخاعيني إلا إذا وصلت الى المادة البيضاء .

تكون المادة البيضاء محيطة في النخاع والبصلة والنخاع وفي قشرة المخيخ والمخ . بينما تكون المادة السنجابية في مركز البصلة والنخاع وفي قشرة المخيخ والمخ .



هـ - الاعصاب : يتألف من اجتماع الاليف العصبية حزماً تكون حبالاً مختلفة الحجم تسمى الاعصاب وبشتمل العصب على عدد من الحزم لكل حزمة غمد خاص ويحيط بالجميع غمد العصب الذي تكثر فيه الاوعية الدموية المغذية .

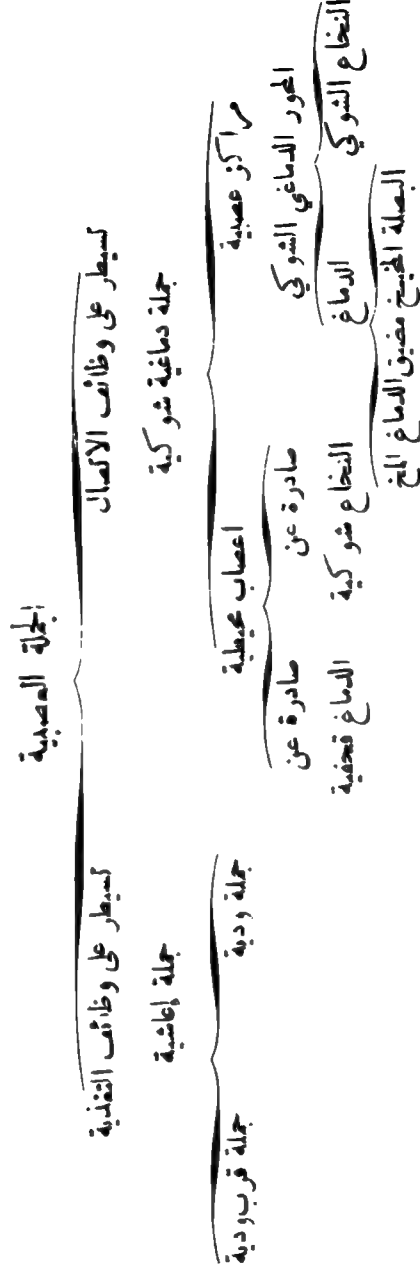
إذا خربنا الاعضاء العصبية الرئيسية في الضفدع مثلاً كالدماغ والنخاع الشوكي ، نرى الضفدع يترأخى جسمه وينمزل عن التأثيرات الخارجية التي لم يعد يتأثر بها ، فلم يعد يتلغ الذبابة التي تحط بالقرب من فمه مثلاً ، كما نشاهد ، إذا

شكل (٦١) مقطع عرضي في عصب
١ - حزمة الياف عصبية ٢ - الياف عصبية ٣ - غشاء العصب ٤ - شحم ٥ - محور اسطواناني ٦ - نخاعين ٧ - غمد هائلة .

فتحنا قصه الصدري ان قلبه يواصل ضرباته بانتظام ولا تزال الدورة الدموية تستمر في جريانها ، كما نشاهد ايضاً ان كل عضو من اعضاء جسم الضفدع يواصل عمله ، فترة من الزمن ، ويعمل كأنه منزول عن الاعضاء الاخرى لا علاقة له فيها .

دراسة اقسام الجملة العصبية

يمكن قصد السهولة أن نميز أقسام الجملة العصبية وفق المخطط التالي :



ولنعلم أن هذا التقسيم شكلي فقط إذ أن الارتباط واضح وجلي بين الجملة الاعاشية والجملة الدماغية الشوكية كما تسير الاولى وبعض وظائف الاتصال وتسيطر الثانية على بعض وظائف التغذية .

وظائف الاعصاب : تتصف الاعصاب بخاصتين أساسيتين هما التنبيه والنقل :
إذا عزلنا عضلة ضفدع مع عصبها المحرك ثم نبهنا هذا العصب بتيار كهربائي تقلصت
العضلة ؛ فالعصب إذن قابل للتنبيه كما أن التنبيه الكهربائي قد انتقل من العصب الى العضلة ،
والعصب ليس إلا مجموعة من العصبونات .

آ - قابلية التنبيه : يعتبر التيار الكهربائي أحسن المنبهات ، ولا تحجب العضلة
على تنبيه العصب إلا إذا كانت تغييرات شدة التيار فجائية ، فلا يحدث تقلص العضلة إلا
عند فتح الدارة الكهربائية أو اغلاقها ، أي عندما تتغير شدة التيار فجأة بين الصفر
والأقصى الواحد مثلاً . ويشترط لكي يكون التنبيه مجدياً أن تتوفر في التيار المستعمل
الامور التالية :

١ - عتبة التنبيه : لا يتنبه العصب المحرك لعضله الضفدع إلا إذا بلغت شدة التيار
حداً معيناً يسمى عتبة التنبيه ، فإذا استعملنا تيار وشيعة تحريض لاحظنا انعدام تأثير
هذا التيار عندما تكون المسافة الفاصلة بين الوشيعة الاولى والوشيعة الثانوية كبيرة
لدرجة تكون معها شدة تيار التحريض الناتج ضعيفة جداً . ويظهر تأثير التيار بعد
تقريب الوشيعتين من بعضها إلى حد معين ؛ وتكون شدة تيار التحريض عند فتح الدارة
أكبر من شدته عند اغلاقها . فالتنبيه بالتيار الكهربائي إذن لا يكون مجدياً إلا إذا بلغت
شدة التيار عتبة التنبيه التي تسمى الرئوباز .

٢ - الزمن المجدي : يفقد التيار الكهربائي تأثيره المنبه إذا نقص زمن مروره عن
حد معين يسمى الزمن المجدي ، ولو كانت شدة هذا التيار تفوق الرئوباز ، ويتناسب
هذا الزمن المجدي عكساً مع شدة التيار . ويتضح من هذا أن قابلية التنبيه يمكن أن
تقاس حسب أحد المبدئين التاليين :

أ - تعيين الشدة اللازمة لاجداث التنبيه خلال زمن غير محدود . ب - تعيين الزمن
المجدي بالنسبة لتيار ذي شدة معلومة . وقد اختار العالم لايبك المبدأ الثاني ووضع وحدة
أساسية لمقارنة قابلية التنبيه في مختلف النسيج الحية أطلق عليها اسم الكرونا كسيا .

وتعرف الكرونا كسيا بأنها أقصر مدة يستطيع خلالها تيار شدته ضعف الرثوباز احدثات

التنبيه ودي تقاس بمشار الثانية $\frac{1}{1000}$ ثانية .

وتتراوح قيمة كرونا كسيا مختلف الاعصاب المحركة في جسم الانسان بين ٠.٠٨-٠.١٠ من معشار الثانية ، وهي تتأثر بموامل عديدة ، فهي تزداد بتأثير البرد والاختناق ، وتنقص بتأثير الحرارة وبعض المواد الكيميائية كالستر كين ، ويلاحظ في الاحوال العادية توافق في الكرونا كسيا بين العضلات وأعصابها المحركة . وقد اعتبر البعض هذا التوافق شرطاً ضرورياً لانتقال السيالة العصبية من العصب إلى العضلة .

ب — الناقلية : عندما تنبه ليفاً عصبياً ينتشر التنبيه إلى كافة أجزائه ثم إلى ليف عصبي آخر ، ونسعى ما انتشر في الليف العصبي السيالة العصبية . وتتأثر ناقلية الليف العصبي بكثير من الموامل كالبرودة والحرارة المرتفعة والمخدرات فينعدم مرور السيالة فيه .

الجملة العصبية المركزية ووظائفها

تتألف الجملة العصبية المركزية من عدة تشكيلات عصبية تسكن الجوف القحفى والقناة الفقرية ويتصل هذان المسكنان العظيمان ببعضها في الثقبه القفوية . أما الاقسام التي تسكن القحف فتسمى الدماغ وتشتمل على المخ والخيشم والبصلة السيسائية والسويقات الخية ، بينما يطلق اسم النخاع الشوكي على القسم الذي يسكن القناة الفقرية .

النخاع الشوكي: جبل أبيض اسطواناني طوله ٥٠ سم وقطره ١ سم يمتد في القناة الفقرية وينتهي عند الفقرة القطنية الثانية برباط ضام يدعى الخيط الانتهاءي . وييدي انتفاخاً رقبياً وانتفاخاً قطنياً . ويصدر عنه واحد وثلاثون زوجاً من الاعصاب الشوكية ينشأ كل منها من جذر أمامي وجذر خلفي يمر بمقعدة شوكية . وتخرج الاعصاب الشوكية من ثقب من

الانضمام بين الفقرات وتجمع الاعصاب الاخيرة محاذية الخيط الانتهائي ومكونة ما يشبه ذيل الفرس .

بنية : لنصنع قطعاً عرضياً في النخاع الشوكي فنلاحظ فيه ثلماً خلفياً ضيقاً وعميقاً وزوجين من الاثلام الجانبية كما نلاحظ المادة السنجابية في المركز على شكل حرف X في مركزها قناة السيساء .

وتتألف هذه المادة من عصبونات حسية صغيرة في الخلف ترسل محاورها الاسطوانية الى الجانبين لتشتبك في تكوين المادة البيضاء . وعصبونات محركة ضخمة في الامام ترسل محاورها الاسطوانية لتشكل الجذر الامامي للعصب الشوكي .

أما المادة البيضاء فتكون في المحيط وتتألف من ألياف عصبية تشكل ثلاثة أزواج من الحبال : خلفيين وجانبين وأماميين وتنقل الحبال الخلفية الحس باتجاه صاعد من المحيط نحو المخ ، بينما تنقل الحبال الامامية أوامر الحركة باتجاه هابط من المخ نحو المحيط . وفي الجانبية حزم حسية صاعدة وحزم محركة نازلة .

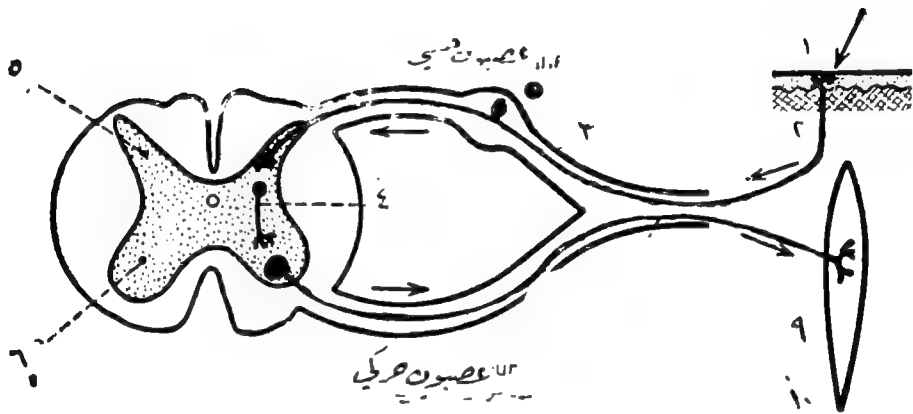
ولنعلم ان سائر أقسام النخاع الشوكي مربوط بعضها ببعض في اليمين واليسار وفي السطوح المختلفة الارتفاع بواسطة الألياف المشتركة .

وظائف النخاع الشوكي : يعتبر النخاع بمادته البيضاء طريقاً للنقل ، ومادته السنجابية مركزاً عصبياً .

١ - وظيفة النقل : ينقل النخاع الشوكي التنبيهات الحسية المحيطية من الاعضاء الاناطة حتى الدماغ وقد دلت تجارب قطع أجزاء من المادة البيضاء ، أن الحبلين الخلفيين ينقلان الاحساسات اللمسية . وأن الحبال الجانبية تنقل في حزمها الحسية الاحساسات الحرارية والمؤلمة .

وينقل النخاع الشوكي الأوامر الحركية التي تصدرها خلايا الدماغ ، وذلك في الحبال الامامية ، وفي الحزم المحركة من الحبال الجانبية .

٢ - النخاع مركز عصبي : يتمتع النخاع الشوكي بالقدرة الانعكاسية وهي الخاصة التي تمكن المركز العصبي من تحويل التنبيهات الحسية الواردة اليه إلى تنبيهات محرّكة ، تحويلاً مباشراً بدون توسط الارادة ، ويسمى الفعل الناتج بالفعل المنعكس وهو يتصف بأنه عمل لا ارادي ولا شعوري . فاذا خربنا دماغ ضفدعة تاركين البصلة والنخاع سليمين وغطسنا أحد أطرافها في ماء محمض بمحمض الكبريت نلاحظ أن الضفدع تقلص طرفها فجأة . فندعو هذا التقلص الذي حدث مستقلاً عن الارادة عملاً انعكاسياً .



شكل (٦٢) المصيونات في قوس الانعكاس في النخاع الشوكي

- ١ - تنبيه ٢ - جلد ٣ - جذر خلفي ٤ - عصبون الاتصال
٥ - قرن خلفي ٦ - قرن أمامي ٧ - جذر أمامي ٨ - عصب شوحي
٩ - عضلة ١٠ - ارتكاس

عناصر الفعل المنعكس : يتم الفعل المنعكس بتوفر العناصر التالية :

- ١ - نهايات عصبية حساسة لاقطة تتوضع في الجلد وتلقى التنبيه المحيطي .
٢ - ليف عصبي حسي ينقل التنبيه الى خلية حسية تقع في العقدة الشوكية فترسله هذه الى باطن النخاع .

٣ — خلية محرّكة في المادة السنجابية تتلقى التنبيه وتصدر أمر الحركة .

٤ — ليف عصبي محرّك ينقل الأمر الى الالياف العضلية بالتقلص .

وتسمى الدارة على هذا الشكل بقوس الانعكاس ونرى انها تتضمن خليتين عصبيتين

(حسية ومحرّكة) وليفين عصبيين (حسي ، محرّك) .

قوانين الانعكاس : ينبغي لحدوث الفعل المنعكس أن لا تقل شدة المنبه عن حد أدنى معين يدعى العتبة وفي هذه الحالة يتقلص الطرف المنبه وحده ، فاذا زدنا شدة المنبه قليلاً وبالتدريج نلاحظ تقلص الطرف المنبه ونظيره معاً ، ثم تقلص الاطراف الاربعة ، ثم تقلص عضلات الجسم كلها ، ويفسر هذا بوجود المصبونات المشتركة التي تنقل التنبيه إلى المناطق المختلفة من النخاع الشوكي مما يزيد عدد المصبونات المحركة التي يصلها التنبيه .

ولنعم أننا حين ننبه منطقة حساسة فأول جواب منعكس يصدر عن العضلات المجاورة لمنطقة التنبيه كما أن المنبهات التي دون العتبة تحدث بتواليها وتكرارها جواباً معيناً .

وأخيراً فالفعل المنعكس بالرغم من كونه آلياً لكنه موجه يهدف الى الابتعاد عن المنبه ، فالضفدع يبعد طرفها عن الحوض والنائم يسحب يده بعيداً عن ابرة وخزته .

أهم المنعكسات النخاعية : يمثل الفعل المنعكس الناحية الابتدائية من الاعمال العصبية ، فهو بارز في الحيوانات الدنيا بكثرة بينما نجد في الانسان أن المنخ يخفف وطأة المنعكسات خاصة حين اليقظة وذلك بتعديل شدتها ومن أشهر مراكز الانعكاس في النخاع : — مركز المشي اللاشعوري ، ومركز تسريع حركات القلب ، والمنعكس الحديقي ، والمنعكس الداغصي ، ومركز افراز العرق — ومركز تقلص المثانة والشرج بالإضافة الى جملة انعكاسات وزية وجلدية .

ما ينجم عن التلف النخاعي : يحدث تخريب النخاع الشوكي خدراً (فقدان الحس) وشللاً (فقدان الحركة) وضموراً في العضلات وهبوطاً في ضغط الدم ، وانخفاضاً في درجة

الحرارة ، واسترخاء المصبرات كما يؤدي الى سلس البول والغائط وتحسن هذه الاعراض بنشاط الجلبة الاعاشية التي تنمو فيزيد شأنها وتعموز بعض الشيء عن النخاع الشوكي .

ب — الدماغ : هو مجموع المراكز العصبية الساكنة في صندوق الجمجمة ، وتزن ١٣٦٠ غرام ، ويشمل الدماغ على عدد من المناطق المختلفة النمو ، فمن الاسفل الى الاعلى تميز : البصلة السيسائية والحنج ، ومضيق الدماغ والمخ وهو اكبرها وتحتوي هذه المراكز جميعاً على أجواف تدعى البطينات متصلة ببعضها وتعتبر امتداداً للقناة السيسائية التي تمر في مركز النخاع الشوكي .

« البصلة السيسائية »

تعريفها : هي القسم الذي يصل النخاع الشوكي ببقية اقسام الدماغ ، وهي قطعة بيضاء متسمة ، شكلها هرمي قاعدتها في العالي ويبلغ طول البصلة ٣،٥ سم وتزن بضمة غرامات يسكن قسم منها في جوف القحف ويمتد قسمها الاخر في القناة الفقرية . وصفها : من الامام : تتكون من هرمين اماميين بينهما ثلم ضيق ويعاوما قنطرة بيضاء تدعى الحدة الخلقية .

من الخلف : تتكون من هرمين خلفيين متباعدين بينهما انفراج على شكل معين يدعى البطين الرابع بغطيه الحنج ويمتد في منتصفه ثلم يدعى ساق قلم الكتابة ينشأ من نقطة انفراج الهرمين بنقطة تدعى عقدة .

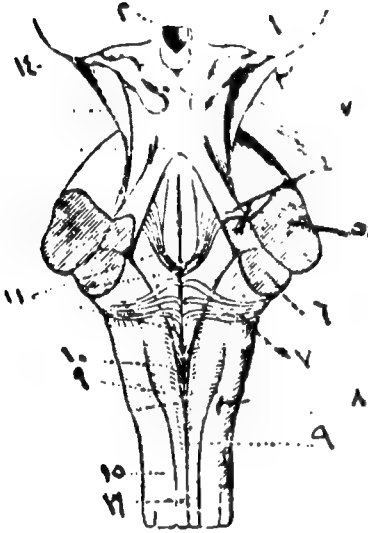
من الجانب : هنالك برزتان صغيرتان هما برزتا الجانب تكونتا من انضغاط الاقسام الجانبية بتباعدها الهرمين الخلفيين .

بنيتها : تتألف من مادة سنجابية باطنة على شكل كتل تدعى النوى السنجابية وهي حسية في الخلف وحركية في الامام (كما في النخاع) وتنشأ منها الازواج السبعة الاخيرة من الاعصاب القحفية .

أما المادة البيضاء فمحيطية وتتألف من امتداد الحبال التي ذكرناها في النخاع الشوكي حيث يطرأ على حزمها تصالبات مختلفة .

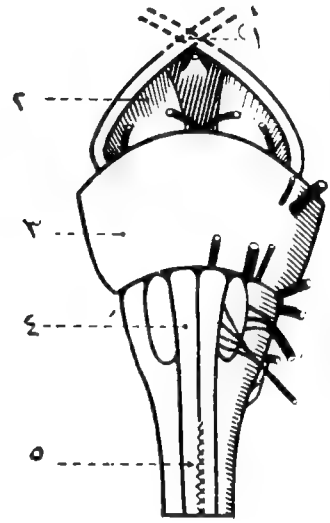
وظائفها : تعتبر البصلة بمادتها البيضاء طريقاً للنقل ومادتها السنجابية مركزاً عصبياً.

١ — وظيفة النقل : تصل التنيهات الحسية الآتية من النخاع الشوكي الى البصلة فتعبرها نحو الاقسام العليا من الدماغ .



شكل (٦٤) وجه البصلة الخلفي (الوحي) بمدق طع المخيخ

- ١ - سرير بصري ٢ - بطين ثالث ٣ - حدة
- توأمية ٤ - سويقة مخيخية عليا ٥ - سويقة
- مخيخية متوسطة ٦ - سويقة مخيخية سفلية ٧ - خطوط
- سمعية ٨ - هرم خلفي ٩ - ثلم خلفي ١٠ - منقار
- القلم ١١ - بطين رابع ١٤ - غدة صنوبرية
- ١٥ - حزمة بورداك ١٦ - حزمة غول



شكل (٦٣)

وجه البصلة الامامي (السفلي)

- ١ - التصلب البصري
- ٢ - سويقة مخيخية
- ٣ - الحدة الامامية الحلقية
- ٤ - هرم أمامي
- ٥ - تصالب الالياف

كما تصل التنبيهات المحركة الاتية من أقسام الدماغ الى البصلة فتمررها نحو النخاع الشوكي .

٢ — البصلة مركز عصبي : في البصلة مراكز هامة للانفعال الانعكاسية ، فهي تنظم سير الاعمال في أجهزة التغذية ، والحيوان يعيش اذا قطعت سائر مراكزه العصبية ما عدا البصلة أما إصابة البصلة فتؤدي الى اختلاف وظائف التغذية . وقد تفضي الى الموت بحسب المنطقة المصابة

٣ — **المعكسات البصلية** : في البصلة مركز التنفس ، ويقع في قاع البطين الرابع في عقدة الحياة وهو يتنبه بصورة طبيعية بواسطة غاز الكربون الوارد مع الدم الذي يروي البصلة ، وان ضربة قوية على نقرة الارنب تؤدي الى موته حالاً . وفيها مركز وقف حركات القلب ، ويؤدي تنبيهه الى وقوف القلب في زمن الارتخاء

و **مركز الافراز** : وهو ينظم . ١ — وظيفة الكبد السكرية واصابته تؤدي الى ظهور السكر في البول ،

٢ — و **مركز البول** الذي يؤدي اصابته الى زيادة كمية البول المفرزة ، ولما ظهر الآحين في البول .

٣ — و **مركز حركات البلع** ، والسعال ، والمضغ ، والالعب الخ ...

الخبيخ

هو كتلة عصبية تقع خلف البصلة وفوقها قليلاً ويتألف من ثلاثة فصوص : فصان جانبيان يسمى كل منهما بنصف الكرة الخبيخة وفص متوسط . يدعى الفص الدودي وسمي كذلك لوجود أنلام معترضة على سطحه تقسمه الى عدد من الحلقات . وفي

سطح الفصين الجانبيين تلافيف مخيخية . ويتألف المخيخ من مادة سنجابية في المحيط ومن مادة بيضاء في المركز .

وظائفه : تنحصر وظيفته في تنسيق التقلصات العضلية وتقويتها ايضاً . بذلك اتران البدن وحركته .

اقسام مضيق الدماغ ووظائفها

تعريف : تطلق كلمة مضيق الدماغ على كتلة دماغية تجمع بين البصلة والمخيخ من جهة والمخ من جهة أخرى . وتشتمل على أقسام عصبية تقع في الوجه السفلي من الدماغ وأقسام أخرى في الوجه العلوي .

ففي الوجه السفلي نجد :

١ — الحدة الحلقية : وتقع فوق البصلة ، لونها أبيض ، مادتها السنجابية مركزية تنشأ عنها بمض الاعصاب القحفية . وتقوم مادتها البيضاء بوظيفة نقل .

٢ — الساقان الخيتان : وهما بشكل جيلين ضخمين من المادة البيضاء يصلان الحدة الحلقية بالمخ ، وهما طريق الحس الصاعد والحركة النازلة .

٣ — اللدة النخامية : وتقع في الوجه السفلي من المخ ، تحتل سرج العظم الوتدي ، ويعتبر لها فص خلفي عصبي وفص أمامي غدي يصل بينهما فص متوسط ، وهي من القدد الصم (سنذكر وظائفها في حينه) .

وفي الوجه العلوي نجد :

١ — الحديبات النوامية الاوبع : وهي أربع برزات تقع أمام المخيخ وتتوضع

اثنان أماميتان واثنان خلفيتان أصفر من الاماميتين ، ولون الحديدات أبيض ومادتها السنجابية مركزية . وتعتبر الحدبات مرحلة تمر فيها سائر الاحساسات البصرية لذا يحدث تخريبها عمى ، ولها دور في التنسيق والتوازن . وتسبب آفات الحدبتين الخلفيتين صمماً يئناً .

٢ — الغدة الصنوبرية : جسم مفرد محمر يقع في انخفاض بعد الحدبتين التوأمين الاماميتين ، ليس فيه الياف أو خلايا خاصة به . وهي من الغدد الصم .

٣ — السريوان البصريان : كتلتان عصبيتان تقعان أمام الحدبات التوأمية . ويعتبران مرحلة تمر فيها الالياف الحسية الصاعدة الى قشرة المخ كما يعتبران مركزين عصبيين لبعض المنعكسات الروحية كالضحك والبكاء والام ، وتتجلى هذه الحالات بحركات عفوية تصدر أوامرها منها كتبدل نظم التنفس ، ونظم القلب ، وافراز الدموع وتقلصات المثانة ؛ بيد أن للمخ تأثير ناه في هذه الوظيفة .

٤ — الجسمان المخططان : كتلتان عصبيتان تقعان أمام السريوين البصريين وإلى الوحشي منها قليلاً ، لونها ضارب للحمرة ، ويعتبران مرحلة تمر فيها الحزم المحركة النازلة ومراكز عصبية ذات شأن في التحريك اذ تحدث آفاتهما اضطرابات في المشي والوقوف والصوت والبلع ، وزيادة في المقوية والتقلصات المضطربة .

المخ

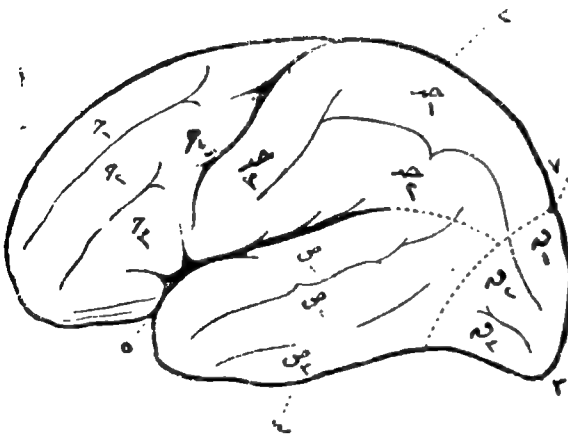
تعريفه : هو أضخم قسم من اقسام الدماغ يمتد من مقدمة القحف إلى مؤخره حتى يغطي قسماً من المخيخ ، لونه سنجابي ويزن ١١٦٠ غ .

وصفه : يقسم المخ على الخط المتوسط شق أمامي خلفي عميق ، فيتألف المخ هكذا من نصفي كرتين مخيتين يتسع سطحهما الساعاً كبيراً بوجود تلافيف سنجابية ويفصل

هذه التلافيف عن بعضها شقوق أهمها : شق سيلفيوس وشق رولاندو ، والشق المهادي (القائم) فتقسم كل نصف كرة مخية الى أربعة فصوص : جبهي ، وقفوي ، وصدغي ، وجداري .

وبفصل نصفاً كرتي المخ بجزيرتين من المادة البيضاء متطبقين يسمى أعلاهما الجسم الثفني ويسمى السفلي مثلث المخ .

البطينات : يشاهد في وسط كل نصف كرة مخية جوف يدعى البطين الجانبي سقفه من الجسم الثفني ويحده في الاسفل الجسم المخطط أماماً والسرير البصري خلفاً ويتصل البطينان الجانبيان بواسطة فرجة (فرجة موزو) مع البطين الثالث الذي يقع بين السريرين البصريين ، ويتصل البطين الثالث بقناة سيلفيوس التي تجتاز مضيق الدماغ والى البطين الرابع في البصلة .



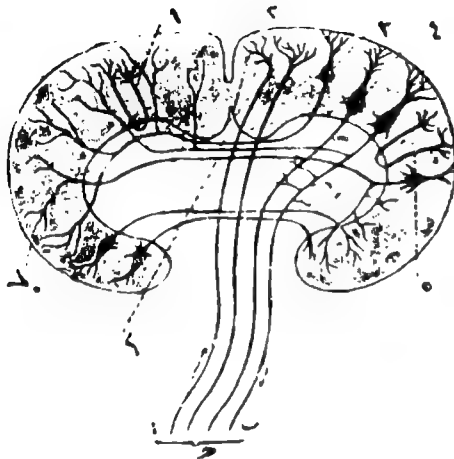
شكل (٦٥)

- ١ - الفص الجبهي ٢ - الفص الجداري ٣ - الفص القفوي
- ٤ - الفص الصدغي ٥ - شق سيلفيوس ٦ - شق رولاندو
- ٧ - الشق القائم (المهادي)

بنية : يتألف

من مادة سنجابية في المحيط تكوين قشرة المخ وتتألف ١ - من خلايا حسية سطحية ، ٢ - خلايا محركة عميقة ، ٣ - خلايا كثيرة الاشكال في اعماق القشرة ٤ - خلايا مشتركة تصل بين مختلف تلك الخلايا ، اما المادة البيضاء فتكون باطنية وتتألف من : ١ - الياف مشتركة قصيرة تصل مختلف مناطق نصف

الكرة نفسه ، ٢ - ألياف التقائية تمر بالجسم الثفني ومثلث المخ فتصل النواحي المتناظرة من نصفي الكرتين ، ٣ - ألياف ارئسامية بعضها حسي صاعد وبعضها محرك نازل ، وهي تصل المخ بالاقسام السفلى وبالعكس .



وظائفه : المخ مقر الفكر والارادة والذكاء والانتباه والذاكرة والشمور والحس والحركة ، ويستقد أن في القشرة السنجابية للمخ مراكز خاصة لكل وظيفة حسية أو حركية تدعى المراكز الارئسامية : فالفص الجبهي مصدر الحركات الارادية جميعاً . وفي الفص الجداري مركز حس اللمس . وفي الفص القفوي مركز الرؤية ، ويشغل مركز السمع الفص الصدغي . ويظن أن مراكز الشم والذوق تقع أمام مركز السمع .

شكل (٦٦) الياف المادة البيضاء في المخ
 آ الياف حسية صاعدة ب - الياف محرك نازلة
 ج - الياف ارئسامية (الاكليل المتشعشع)
 ٥٠١ - ليف مشترك ٢ - الياف التقائية ٣ ، ٤ - خلايا
 هرمية ٦ - الجسم الثفني ٧ - نصف كرة مخبة

ولا تشغل المراكز السابقة سوى ثلث مساحة القشرة السنجابية بينما

يشغل الثلثين الباقيين مراكز مشتركة متصلة مع بعضها ومع المراكز الارئسامية ، ويظن أنها المراكز المفكرة التي تسيطر على الفكر والذكاء والارادة وتشرف كذلك على عمل المراكز الارئسامية فتنظمه ، وقد ميز منها : ١ - مركز مشترك أمامي جبهي يتصف بكونه معدل للانمكاسات الشوكية . وإن آفة تصيب هذا المركز تقلب طباع الانسان فيصبح شرساً لا يضبط نفسه أو يكبح عواطفه . ٢ - مركز مشترك خلفي يمتد بين الفص الجداري والقفوي لوحظ نموه في بعض من العباقر .

الاعصاب الرماغية الشوكية

تنتشر في الجسم شبكة من الاعصاب التي تنشأ من المراكز العصبية كاللماغ والنخاع الشوكي لتحمل الى هذه المراكز ما تلقاه من تنبيهات محيطية ولتحمل الى العضلات أوامر بالحركة والى الغدد أمراً بالافراز ، ونميز بين الاعصاب الشوكية والاعصاب القحفية .

١ — الاعصاب الشوكية : تصدر عن النخاع الشوكي وعددها ٣١ زوجاً ينشأ كل منها من جذر خلفي حسي يمر بعقدة شوكية ومن جذر أمامي محرك فيشكل مجموعها عصباً شوكياً مختلطاً وينقسم كل عصب بعد خروجه من ثقب الانضمام الى فرعين فرع ظهري وآخر بطني، فتسير الفروع الظهرية مفردة ، بينما تجتمع الفروع البطنية بشكل ضفائر ، وتنقل هذه الاعصاب الحس والحركة من والى مختلف أنحاء الجسم المحيطية ولها بعض الفروع الممتدة الأحشاء .

٢ — الاعصاب القحفية : تصدر عن الدماغ وعددها ١٢ زوجاً وتخرج من ثقوب خاصة في قاعدة الجمجمة ، وقد علمنا أن الأزواج السبعة الأخيرة منها تنشأ من البصلة . ومن هذه الاعصاب ما يختص بنقل الحس (الشمي والبصري والسمعي) ومنها ما يختص بنقل الحركة (الوجهي ، الاشتياقي ، تحت اللساني الكبير ، المحرك المشترك العيني ، المحرك العيني الوحشي ، الشوكي) ويرسل بعض هذه الاعصاب الحركة فروعاً الى الفم (ليف جبل الطبل المتفرع عن الوجهي) . وأخيراً هنالك اعصاب تنقل الحس والحركة معاً فتسمى مختلطة (الرثوي الممدي ، البلعومي اللساني ، مثلث التوائم) .

السحايا : ويسكن المحور الدماغي الشوكي في اجواف عظمية متينة ، ويفصل الكتلة العصبية عن العظم اغشية خامة تدعى السحايا .

— فيلي العظم مباشرة غشاء ليفي قاس مخين يسمى الأم الجافية .

— يليه الغشاء العنكوتي وهو ضام قليل الاوعية ينطبق من جهة على الأم الجافية

ويمتد مركزياً نحو الأُم الحنون فيتصل بها بخيوط دقيقة تشبه خيوط العنكبوت وهذا الغشاء مفصول عن الأُم الحنون بفراغ تحت عنكبوتي يملؤه سائل يدعى السائل الدماغي الشوكي يمنع انضغاط المادة العصبية .
— ويلتصق بالمركز العصبي غشاء ضام رقيق يسمى الأُم الحنون يقوم بتنغذية المراكز العصبية .

٢ - الجملة العصبية الاعاشية

تعريف : تسيطر هذه الجملة على وظائف التغذية من هضم وامتصاص ودوران وتنفس واطراح .. تتوزع في الاحشاء والغدد والاعوية الدموية .
اقسامها : تتألف الجملة الاعاشية من قسمين . الجملة الودية والجملة نظيرة الودية . ولنعلم منذ الآن ان هذه الجملة لاتملك مراكز عصبية خاصة قادرة على الاستقبال او الاصدار . فالمراكز العصبية التي تستقبل الحس وتأمر بالحركة او الافراز تكون مستبطنة لنواحي معينة من البصلة والنخاع الشوكي .

١ - الجملة الودية : وتتكون من عقد ودية تصطف سلسلتين على جانبي العمود الفقري عدد كل منها ٢٣ عقدة ، وتتألف العقدة من خلايا عصبية لصدر - منها مجموعة من الالياف المجردة من النخاعين ، فتشكل الاعصاب الودية التي تتوزع بشكل ضفائر في الاحشاء المجاورة ، ويكرر ان العقدة الودية ليست مراكز عصبية وانما هي مرحلة في طريق السيالة .

اما الاعصاب الودية فتتقسم الى اربع مجموعات :

- ١ - المجموعة الرقبية : ١ - ترسل اليافاً تمصب أوعية الرأس وتوسع حدة العين .
- ٢ - واليافاً تشترك مع أغصان الرئوي المدي فتكون صغيرة قلبية ترسل أغصانها الى الاذيتين والبطينين .

ب - المجموعة الصدرية : ١ - ترسل اليافاً تنوزع في القصبات والوتين وشرابين الصدر والخ ...

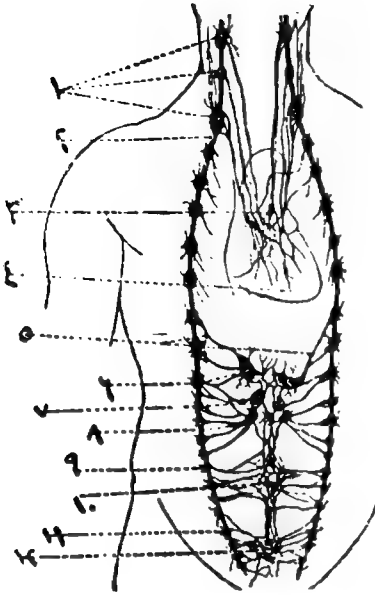
٢ - واليافاً تجتمع بشكل عصب يسمى المصب الحشوي الكبير الذي تنوزع في البطن وينتهي فوق المعدة بمعدة هلالية .

٣ - واليافاً تكون المصب الحشوي الصغير الذي يرسل بعض أغصانه الى المصب السابق وبشكل مع الياف الرئوي المدي صغيرة شمسية ، تنوزع في الحجاب الحاجز والمعدة والكبد والطحال والمشكلة والكليتين .

ج - المجموعة البطنية : تكون صغيرة مساريقية لمصب المساريقا والامعاء والكليتين .
د - المجموعة المعجزية : تكون صغيرة خثلية تقع الى جانب المستقيم والمثانة فتمصب احشاء تلك الناحية .

٢ - الجملة قوب الودية : تتألف من خيوط عصبية نشأ بعضها من الدماغ وبعضها من النخاع الشوكي كما نشأ قسم من اليافاً من الاعصاب الودية وسميت كذلك لانها تنوزع كالجملة الاولى وتكون دوماً الى جوارها .

وظائف الجملة الاعاشية : تسيطر بقسميها كما أسلفنا على وظائف التغذية فتمصبان الغدد والمضلات الملّس في الاوعية الدموية وانبوب الهضم ، وتسيطران على التنفس والدوران ، وعملها لا إرادي . وتقسم أعصابها الى ثلاثة أنواع : حسية ، محركة ، مفرزة .
آ - الاعصاب الحسية : وهي تنقل التنبيهات الحسية من الاعضاء المحيطة الى المراكز ، وهي احساسات مبهمه لاشمورية (كلامسة الطعام مخاطية المعدة) .



شكل (٦٧)

- ١ - عقد رقبية ، ٢ - عقد ظهرية
- ٣ - صغيرة قلبية ، ٤ - قلب ، ٥ -
- المصبان الحشويان الكبيران ، ٦ - المقدتان
- الهلايتان ، ٧ - الصغيرة الشمسية ، ٨ -
- المصب الحشوي الصغير ، ٩ - المقدا القطنية
- ١٠ - الصغيرة المساريقية ، ١١ - العقد
- المعجزية ، ١٢ - الصغيرة الخثلية .

ب — الاعصاب المحركة : وهي تحدث الحركات الارادية ونميز فيها :

١ — الالياف المسرعة والالياف المبطئة . ولنعلم ان كافة الاعصاب الودية مبطئة لحركات الاحشاء عدا ما اتصل بالقلب منها فهو مسرع له . على عكس الياف الجملة قرب الودية ؛ ففي القلب يكون الودي مسرعاً (الضفيرة القلبية) وقرب الودي مبطئاً (الرئوي المعدي) وفي الامعاء يكون الودي مبطئاً وقرب الودي مسرعاً .

٢ — الألياف المضيقية والالياف الموسعة : فالألياف الودية تقوم بتقليص الالياف المضيقية الدائرية في جدران الاوعية الدموية فتضيق لمعها . أما الالياف قرب الودية فعملها يقتصر على نهي وتعديل عمل الاولى دون أن تؤثر مباشرة على الالياف المضيقية ، فتوسع قطر الوعاء عمل منفعل ينتج من توقف عمل الالياف الودية .

وهكذا تنظم هذه الاعصاب كميات الدم الواردة الى الاعضاء بحسب حاجتها . وتسيطر على تنظيم الحرارة الحيوانية .

٣ — الاعصاب المفوزة : تؤثر مباشرة في الخلايا الغدية فتحضنها على الافراز بنفض النظر عن كمية الدم الوارد اليها .

وأخيراً فعمل الجملة الودية معاكس دوماً لعمل الجملة قرب الودية .



اعضاء الحس او الحواس

يطلق اسم أعضاء الحس او الحواس على زمرة من الاعضاء تجمع التنبهات التي توقعها على البدن عوامل الوسط الخارجي . وتلتقط هذه التنبهات الاستطلاات الهبيولية الخاصة الصادرة عن المصبونات الحسية المحيطية ، وتسير التنبهات بواسطة الاعصاب الجابذة الى المخ . فالاحساس اذاً هو حالة الشعور التي يحدثها التنبيه .

وأعضاء الحس خمسة : الجلد وهو عضو اللمس ، واللسان وهو عضو الذوق ، والانف وهو عضو الشم ، والعين وهي عضو الرؤية ، والاذن وهي عضو السمع .
وندرس منها حاستين اثنتين هامتين . حاسة اللمس ، وحاسة الرؤية .

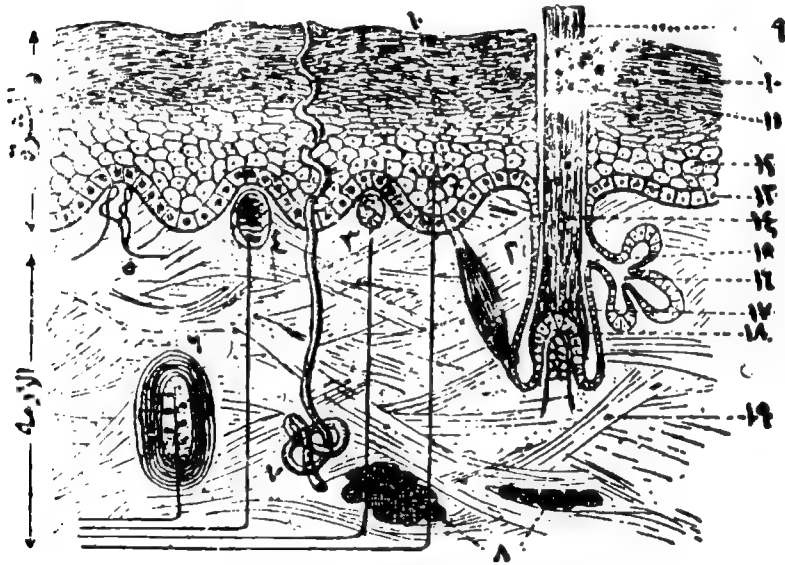
الجلد وحاسة اللمس

نستطيع أن نقدر باللمس شكل الاجسام وسفتها وقوامها ووزنها وحرارتها . ومقر اللمس في الجلد .

الجلد

الجلد هو كساء الجسم ، ويختلف نمطه باختلاف الاشخاص واختلاف نواح البدن : فهو رقيق في الاجفان مخين في راحة اليد وأخصص القدم ، ويزيد نمطه بتأثير العمل كما في أيدي العمال . ونلاحظ متى قطعنا الجلد قطعاً عرضياً أنه مكون من طبقتين : البشرة والادمة .
البشرة : هي القسم السطحي من الجلد وتتركب من خلايا بشرية مطبقة تنشأ من

انقسام طبقة خلوية عميقة نشيطة جداً تدعى الطبقة المولدة القاعدية تغذيها أوعية دموية غزيرة تجري في الطبقة التي تحتها وترشح فيها في الغالب مواد صباغية تلون الجلد بلونه الخاص. وتتألف البشرة نفسها من طبقتين : طبقة عميقة تسمى الطبقة المخاطية أو طبقة مليبيكي وطبقة سطحية تدعى الطبقة المتقرنة التي تحول بقدر المستطاع دون دخول الجراثيم الى البدن ، وتتوسف (تنفلس) الطبقة القرنية دائماً وتتجدد من أعماقها باستمرار . وإذا دققنا في سطح البشرة رأينا فيه خطوطاً واتلاماً ضيقة عديدة يختلف شكلها من شخص الى آخر ومن ناحية الى أخرى ، ويسمى ما كان منها في الاصابع البصمات الاصبعية . وهي ذات شأن كبير في تمييز هوية الاشخاص .



شكل (٦٨) مقطع في الجلد

- ١ - نهايات عصبية مستبطنة للبشرة ٢ - عضلة ناصبة للشعرة ٣ - جسم كرواس ٤ - جسم مايسنر
- ٥ - حليلة وعائية ٦ - جسم باشيبي ٧ - غدة عرقية ٨ - نسيج دهني ٩ - ساق الشعرة ١٠ - الطبقة
- المتقرنة ١١ - جراب الشعرة ١٢ - الطبقة المخاطية ١٣ - طبقة مليبيكي ١٤ - الشعرة ١٥ - جذر
- الشعرة ١٦ - غدة دهنية ١٧ - بصلة الشعرة ١٨ - حليلة الشعرة ١٩ - نسيج ضام

الادمة : وهي القسم العميق من الجلد وتآلف من نسيج ضام فيه الياف مرنة كبيرة تغطي الجلد مرونته ، ويتآلف قسمها العميق من نسيج ضام رخو يسهل انزلاق الجلد على ما تحته . وتصادف في هذا النسيج الرخو خلايا دهنية كثيرة وتتراكم في بعض الثدييات المائية كالخيتان وفي بعض الثدييات المحرومة من الفراء كالخنزير فتكون طبقة دهنية كثيفة . وفي سطح الادمة عدد كبير من الحليمات بعضها وعائي يتآلف من شبكة شعرية دموية تغذي الجلد ، وبعضها عصبي يتآلف من أغصان عصبية وخلايا عصبية تقوم بنقل الحس وندرسها بعد قليل .

منتجات الجلد : تنشأ من الجلد الغدد العرقية والشعر والاذافر والغدد الدهنية والعضلات الناصبة للشعر والنهايات العصبية ، وندرسها كلاً حدة :

١ - **الغدد العرقية :** وقد سبق الكلام عنها في بحث الافراز .

٢ - **الاشعار :** للشعرة قسم بارز يسمى الساق ، وقسم مستبطن للجلد يدعى الجذر وقاعدة الجذر متفتحة تدعى البصلة ، تنقع في وجهها السفلي فتحيط بكنتلة وعائية عصبية تدعى حليلة الشعرة ؛ ويحيط بالبصلة غمد يدعى جراب الشعرة وتتآلف الشعرة من خلايا متقرنة . وتتميز فيها بشرة (طبقة متقرنة) وقشرة ولب حي . وفي خلايا القشرة صبغات تعطي الشعر لونه . وقد تتسرب كريات بيض الى قشرة الشعرة فتهمض صبغاتهما فتبيض الشعرة (كما في حيوانات المناطق الباردة وفي شعر الشيوخ الشيب) او قد تلتف الجرائم بصلة الشعرة فتفضي الى سقوطها .

٣ - **الغدد الدهنية :** لتصل بكل شعرة غدة أو غدتان دهنيان تفرزان مادة دهنية تغطي الشعرة فتجعلها ناعمة الممس كتيمة . لا ينفذ الماء منها . وفي الثدييات غدد دهنية كبيرة تفرز لبناً تسمى الغدد الثديية .

٤ - **العضلات الناصبة للاشعار :** هي عضلات صغيرة ترتكز من جهة على قاعدة الشعرة ومن جهة أخرى على البشرة ؛ فاذا تقلصت انقبضت الشعرة .

٥ - **الاذافر :** هي صفائح قرنية تستر النهاية الظهرية (العليا) للسلامي الاخيرة في

الاصابع وتتألف من خلايا قرنية ولها قسم ناصع في قاعدتها ويدعى الهليل لسنره الحوية (الحاشية) الظفرية وينمو الظفر من منطقة الهليل .

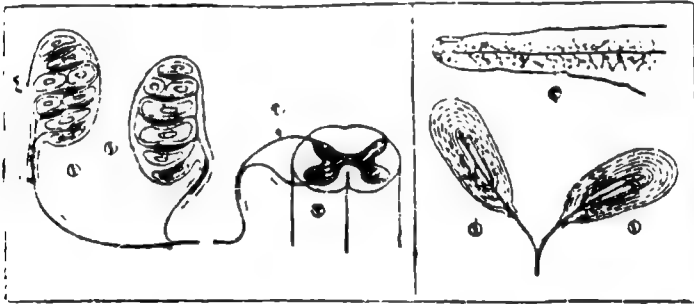
٦ - النهايات العصبية : يحتوي الجلد على نهايات الاعصاب الحسية وتقسمها الى قسمين :

أ - نهايات مستبطنة للبشرة وهي نهايات عصبية متفصنة تتوزع في خلايا الطبقة المخاطية .

ب - الجسيمات اللسبية وهي على ثلاثة أنواع :

١ - جسيمات كراوس : وهي صغيرة جداً ، تشتمل على محفظة . وكصادف في ملتحمه العين وفي حلقات اللسان المحيطية .

٢ جسيمات ما يسر وهي اكبر من الاولى ، وتحيط بها محفظة فيها عدد من خلايا الاستناد . وينفذ الليف العصبي الى هذه الجسيمات وينقسم فيها الى ليفات عصبية تنتهي



جسيمات ما يسر وباشيني اللسبية

شكل (٦٩)

١ - استطالة المصبون الحسي المحيطي الهيولية الى اليسار جسيمات ما يسر :

٢ - خلية بشكل T في العقدة الشوكية

٣ - القرن الامامي ٤ - خلية استناد

١ - نهايات المصبون المحيطي مع براعمها الى اليمين جسيمات باشيني :

٢ - عصب الاصابع الجانبي

بأقراص لمسية موزعة بين خلايا الاستناد . وتكثر جسيمات ما يستر في الاصابع وفي راحة اليد وأخص القدم .

٣ - جسيمات باشيني وهي جسيمات ضخمة تتألف من صفائح متحدة المركز ، متكاثف بعضها حول بعض تحدد في وسطها جوفاً فيه ليف عصبي ينتهي ببراعم . وتُشاهد جسيمات باشيني في اعماق الادمة وفي وجوه الاصابع الجانبية وفي العضلات والمفاصل والمساريقا والخ ...

وظائف الجلد

وظائف الجلد كثيرة نختصرها بما يلي :

١ - حماية البدن من العوامل الخارجية : أ - يحفظ الجلد العضلات التي يغطيها من

العوامل الآلية كالصدمات والاحتكاك الخ ..

ب - ويقاوم الجلد تأثير المواد الكيميائية كالحوض الخفيفة .

ج - الجلد سيء النقل للحرارة وهو بفضل المرق ينظم حرارة البدن ويدفع أذى الحر .

د - ويدفع أذى البرد ايضاً بما عليه من شعر أو ريش وما يحويه من دهن .

هـ - واخيراً يحول الجلد دون مرور الجراثيم الى البدن .

٢ - التنفس : التنفس الجلدي ضئيل في الانسان .

٣ - الامتصاص : يمتص الجلد الماء بصعوبة لحؤول المفرزات الدهنية دون ذلك بيد

انه يمتص المحاليل الغولية (الكحولية) او الدهنية كالمرام ، اما الاغشية المخاطية فلها تمتص المحاليل المائية بسهولة .

٤ - الاطراح : يطرح الجلد بواسطة العرق قسماً من الفضلات كما سيأتي ذكره

مفصلاً في بحث غدد المرق .

٥ - الادخار : يتراكم الدهن في القسم العميق من الادمة حيث يكون احياناً طبقات

كثيفة (كما في الحيتان والخنازير) .

٦ — الحس : الجلد مقر لثلاثة أنواع من الاحساسات يكون مجموعها حاسة اللمس .

أ — الاحساسات المسمية : وهي احساسات نستطيع بواسطتها معرفة شكل الجسم وسمته وحالته ؛ وتنشأ من تنبيهات آلية تحدثها الاجسام الغازية (الهواء) والمائنة او الجامدة والتنبيه الآلي في هذه الحالة اما ضغط او تماس . ونجمع الاحساسات الناتجة عن التماس جسيمات ما يسر ، وهي كثيرة في لب الاصابع . ونجتمع الاحساسات الناتجة عن الضغط جسيمات بشيبي . وينحصر الاحساس بالضغط ، في نقاط معينة تدعى نقاط الضغط تتوزع في سائر احياء البدن ما عدا الرأس . ولا تتحسس المناطق الواقعة بين هذه النقاط بالضغط ابداً ، وتزيد الاشعار والاوزار في شدة الحس . وقد وضع مقياس حس خاص يعين بواسطة تفاوت درجة الحس في مناطق البدن المختلفة : وهو دوائر (بيكار) ذات رأسين حادين . فاذا قربنا ساقها ووخزنا رأسها الجلد أحدثنا حس وخزة واحدة ، وإذا باعدنا بينها تدريجياً وصلنا إلى بعد تحدث فيه من الرأسين وخزتان منفصلتان وتدل التجارب اننا نشعر بوخزتين متى كان البعد عن رأسي الدائرة مليمتراً واحداً في رأس اللسان ، و ٣ مم في لب الاصبع و ٣١ مم في ظهر اليد . ويرجع هذا الاختلاف إلى كثرة الجسيمات المسمية أو قلتها في النواح المختلفة من الجلد .

ب — الاحساسات الحرارية : نستطيع بواسطة الجلد ايضاً أن نشعر بالحرارة والبرودة فاذا أخذنا سافاً خشبية مبرية برية دقيقاً ، ولامسنا رأسها الدقيق سطح الجلد ، ثم سحبنها ليجري رأسها على الجلد فانتا نحدث في بعض النقاط حس حرارة وفي بعضها الآخر حس برودة . نستنتج من ذلك ان في الجلد نقاطاً يحدث تنبيهها دائماً حساً بالبرودة . وإذا طللينا الجهة بالماثلول شعرنا ببرودة بينما نشعر إذا طللينا به نفسه معصم اليد بحس حار ، واكثر أقسام البدن حساً بالحرارة : الصدر وجناحا الانف وحوافي الاجفان والخدان (وبها تعرف الكاوية حرارة مكواتها) وظهر اليد .

وإذا خرجت المادة السنجابية في النخاع الشوكي ، او اصابها آفة بمرض ، فان الاحساسات الحرارية تزول وتبقى احساسات اللمس .

الاحساسات المؤلمة : إذا حركنا على الجلد رأس جسم دقيق (او كررنا التجربة المذكورة في الاحساسات الحرارية) وجدنا بالاضافة إلى نقاط الضغط ونقاط الحرارة السابقة الذكر ، ان في الجلد نقاطاً يحدث تنبيهها حساً مؤلماً فقط ، تدعى نقاط الألم .
 ويزول حس الألم في أثناء التخدير بالكلوروفورم والاتر والكوكائين ، قبل زوال حس اللمس .

العين والرؤية

تمكنا الرؤية من تقدير أشكال الاشياء وسعتها وألوانها وأبعادها . والعين عضوها الخاص .

تصريح العين :

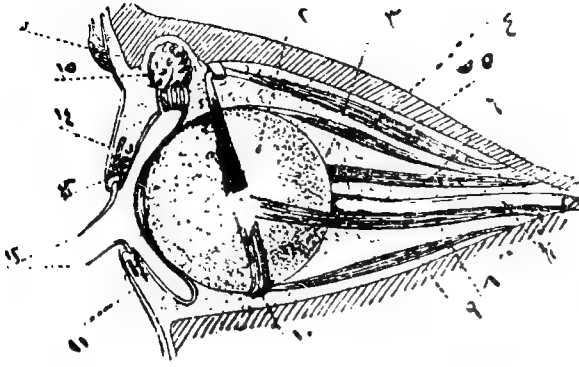
تشمل العين : ١ - على الاعضاء الملحقة ، ٢ - على كرة العين .
 أولاً : الاعضاء الملحقة وندرسها على شكل العين . وتدعى هذه الاعضاء بالاعضاء الواقية ايضاً ، وإلى جانبها أعضاء محرّكة هي العضلات .

شكل (٢٠) العين



- ١ - الحدقة ٢ - أهداب ٣ - اتواء
- نصف هلالى ٤ - اللحمة ٥ - الزاوية
- الانسية ٦ - النقطة الدمعية ٧ - الطبقة
- الصلبة ٨ - القرنية ٩ - الجفنان .

شكل (٧١) الاعضاء الملحقة بالعين والعضلات



- ١- حاجب ٢- مقلة ٣- محفظة
تينون ٤- العضلة المنحرفة
الكبيرة ٥- العضلة المستقيمة
العلوية ٦- العضلة المستقيمة
الانسية ٧- العصب البصري
٨- العضلة المستقيمة الوحشية

- ٩- العضلة المستقيمة السفلية ١٠- العضلة المنحرفة الصغيرة ١١- الجفن السفلي
١٢- الاهداب ١٣- غدة ميوميوس ١٤- الظفر الفصوي ١٥- الغدة الدمعية .

ثانياً - المقلة «كرة العين»

المقلة كرة يبلغ قطرها ٢٣ مم،
تتضمن على أغشية مغلقة وأوساط
شفافة أو كاسرة .

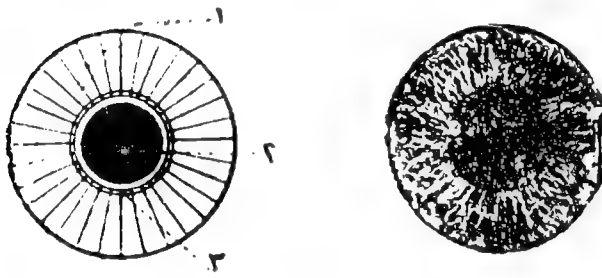
أ- الأغشية المغلقة: ويسمى
بمضهم طبقات العين وعددها
ثلاث :

أ- الطبقة الصلبة : تقع في
الظاهر وهي ليفية مقاومة تحمي
محتويات العين ، وتعرف عادة
باسم بياض العين ولونها أبيض
ومخضها ١ مم، وتبديل هذه الطبقة
في قطرها الامامي فتتحدب
وترق حتى تصبح شفافة فتكون
القرنية الشفافة ولها في الخلف
ثقب يمر منه العصب البصري .

شكل (٧٢) مقطع المقلة «كرة العين»

- ١- الصلبة ٢- المشيمية ٣- الشبكية ٤- الفشاء شبه
الزجاجي ٥- اللامعة الصفراء ٦- النقطة العمياء ٧- العصب
البصري ٨- منطقة زين ٩- ١٧- الرباط المعلق
١٠- القزحية ١١- الحدقة ١٢- الجسم البللوري
١٣- القرنية الشفافة ١٤- الخلط المائي ١٥- الزوائد
الهدبية ١٦- العضلات الهدبية .

٢ - الطبقة المشيمية : تنطبق على الوجه الباطن من الصلبة وتتألف من نسيج ضام رخو غزير الاوعية يضدي العين ويصطبغ وجهها الباطن بصباغ أسود وفي الغريين (بيض الشعر) المصايين بالاغراب يفقد الصباغ فيبدو صباغ العين محمراً . وتنسطح المشيمية في الامام وراء القرنية لتكون القرزية ، وفي مركز القرزية ثقب مدور يدعى الحدقة أو الانسان . وتتألف القرزية من نسيج ضام غزير الاوعية ، يملون بالازرق أو الاخضر أو المسلي أو الاسود بحسب الاشخاص ، ومن عضلات ملس دائرية تنقلص فتضيق الحدقة ، وعضلات ملس شعاعية



تنقلص فتوسعها ، وفي نقاط تماس المشيمية بحف القرنية مجد حوية دائرية تدعى الجسم الهدبي تتألف من التوائت غزيرة الاوعية تدعى الزوائد الهدبية ومن عضلتين هديتين ملساوتين

شكل (٧٣) القرزية والحدقة

١ - عضلات شعاعية ٢ - الحدقة ٣ - العضلات الدائرية

الواحدة حلقة والثانية مستطيلة ترتكز من جهة على حفاف الجسم البلوري ومن جهة ثانية تنتشر اليافها كالروحة على المشيمية وتكون هاتان العضلتان جهاز المطابقة .

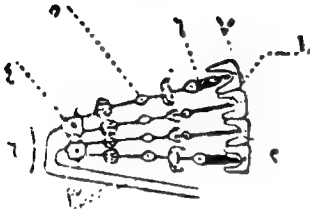
٣ - الطبقة الشبكية : هي الطبقة الحساسة وتبطن المشيمية في جوف العين .

وتتألف الشبكية قسمياً من انتشار الياف العصب البصري . ونهايات هذه الالياف مجهزة باجهزة لها حساسية خاصة ، واذا قطعنا الشبكية قطعاً معترضاً بدت فيها ثلاث طبقات من الخلايا العصبية نذكرها من الباطن الى الظاهر :

أ - طبقة الخلايا كثيرة الاقطاب التي تجتمع محاورها لتكون العصب البصري .

ب - طبقة الخلايا ذات القطبين وهي خلايا تصل خلايا الطبقة السابقة بخلايا الطبقة اللاحقة فهي اذن عصبونات مشركة .

ج - طبقة الخلايا البصرة وتكون فيها الخلايا على نوعين : خلايا بشكل المخاريط وخلايا بشكل العصي وهي خلايا تبرز منها استتاللات هيولية عصبية اسطوانية ملونة بالارجوان الشبكي ، المادة الحساسة بتأثير النور .



شكل (٧٥)



شكل (٧٤)

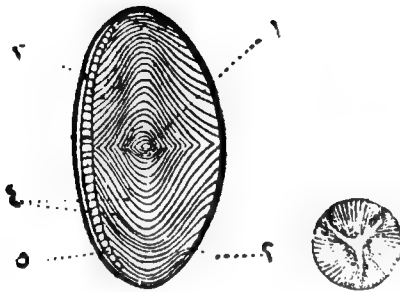
انطاف الياف المصب البصري وعودتها الى الوحشي

وجه الشبكية المقعر « قعر العين » ، ١ - عصا ٢ - خلية صباغية من خلايا المشيمية
١ - اللطخة الصفراء ٢ - الاوعية الدموية ٣ - الياف المصب البصري ٤ - عصبونات كثيرة
٣ - الصلبة ٤ - المشيمية ٥ - النقطة العمياء الاقطاب ٥ - عصبونات ذات قطبين ٦ - مخروط
ويشاهد في الشبكية في قطب العين الخلفي ، انخفاض يدعى اللطخة الصفراء ليس فيه
سوى مخاريط فقط وتبلغ حدة البصر في هذه اللطخة اقصى شدتها لما منطقة دخول المصب
البصري فمجردة من الخلايا البصرية وهي لا تبصر لذا سميت النقطة العمياء .

ب - الاوساط الشفافة او الكامرة : تتألف هذه الاوساط من القرنية الشفافة
والجسم البلوري والخلط المائي والخلط الزجاجي .

١٦ قرنية الشفافة : وهي القسم الامامي من الطبقة الصلبة الذي رق حتى اصبح شفافاً
وتبارز قليلا كزجاجة الساعة . وهي تتألف من الامام من نسيج بشري مطبق ، وفي الورا
من بشرة تفرز خلاياها الخلط المائي . والقرنية مجردة من الاوعية تتغذى خلاياها بالحلول .
وتقدر قرينة انكسارها ب ١.٣٥ .

الجسم البلوري : وهو عدسة محدبة الوجهين اكثر تحدباً في الورا منها في الامام . قطره ٩.٠٠ . وتحيط به محفظة مرنة يسمى قسمها الامامي الغشاء شبه البلوري الامامي ويسمى قسمها الخلفي الغشاء شبه البلوري الخلفي . وتتألف بشرة الجسم البلوري الامامية من خلايا مكعبة مسطحة بينما تتألف كتلة الجسم الباقية من نواة صلبة كروية . وتقدر قرينة انكساره بـ ١.٤٥ .



شكل (٧٦)

مقطع الجسم البلوري ووجهه الخلفي
١- نواة ٢- الغشاء شبه الزجاجي الخلفي
٣- الغشاء الزجاجي الامامي
٤- الياف ٥- البشرة الامامية

الغلط المائي : وهو مركب من ماء وأملاح معدنية ، تفرزه خلايا بشرة القرنية الخلفية فيملأ بيت العين الامامي الذي تحده من الامام القرنية ، وفي الورا الفرجية ، وتقدر قرينة انكساره بـ ١.٣٧ .

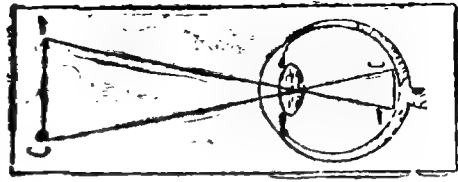
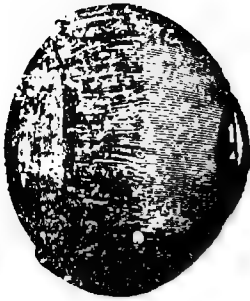
الغلط الزجاجي : وهو مادة هلامية شفافة قرينة انكسارها ١.٣٥ تملأ قسم العين الخلفي (ثلاثة أرباع كرة العين) . وينشأ من جوار الجسم الهدبي الرباط المعلق الذي يمسك الجسم البلوري في مكانه .

وتؤلف هذه الاوساط الاربعة جملة بصرية

تعادل عدسة مقربة مركزها البصري على بعد ٧ مم وراء القرنية . وقرينة انكسارها ١.٤٠ أما بعدها المحرق في الحالة الطبيعية فهو ١٥ مم وتقريبها ٦٠ كسيرة .

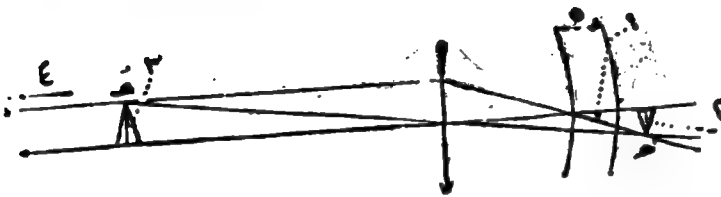
آلية الرؤية : تعتبر العين جهازاً بصرياً يكون للجسم الواقعة أمامها صوراً حقيقية تقع على الشبكية فتتلقى الشبكية هكذا التنبيهات الضوئية وترسلها بواسطة العصب البصري الى مركز الرؤية (الفص القفوي) .

تكون الصورة : تكون الصور في العين سليمة المستريحة في الاطخة الصفراء



صور شمعة في عين ثور

تكون الصورة الشبكية

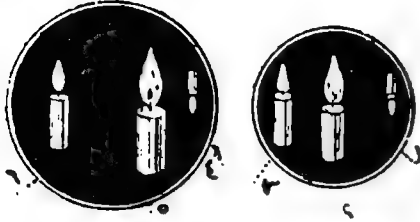


شكل (٧٧) ترسيم يبين لزوم المطابقة

من الشبكية، وهي صور حقيقية مقلوبة أصغر من الاجسام ، التي تبعد عن العين في هذه الحالة ٦ مترًا ١ - خيال الجسم البعيد ٢ - خيال الجسم المقرب (وراء الشبكية) فأكثروا إثبات ذلك ٣ - الجسم المقرب ٤ - الجسم البعيد ٥ - الشبكية نأخذ عين ثور ونزاع منها القسم الخلفي من مشيئتها ومن طبقتها الصلبة ، ثم نضع أمامها شمعة مضئة فتبدو الصورة على شبكيتها واضحة مقلوبة الشكل .

المطابقة : لنفرض أن العين سليمة وأنها تنظر الى اللانهاية . ولنضع أمامها جسمًا تقربه منها تدريجيًا الى أقل من ٦٠ مترًا ، فنشعر أن الجسم أمامها أصبح قليل الوضوح ويعلل ذلك بوقوع الصورة وراء الشبكية ، وتكون نور منتشر فقط على الشبكية نفسها . ولا تلبث العين أن تعود فترى الجسم واضحًا بفضل عمل تقوم به يدعى المطابقة وتؤكد من ذلك بالتجربة التالية : لنغمض عينيها بضع ثوان ثم لتفتحها فجأة ولننظر الى جسم بعيد فتراه واضحًا بدون

جهداً. ثم لنكرر ذلك مرة ثانية ، ولننظر الى جسم 'قريب'، فترى الجسم في البدء مبهماً ثم



شكل (٧٨) تجربة بوركنج

في اليسار (الكبيرة) الشخص ينظر الى الشمعة في اليمين (الصغيرة) الشخص ينظر الى القريب ١، ٢ - خيال الشمعة الذي يعطيه وجه الجسم البللوري الخلفي ٣، ٥ - خيال الشمعة الذي يعطيه وجه الجسم البللوري الامامي ٣، ٤ - خيال الشمعة الذي يعطيه وجه القرنية الامامي .



شكل (٧٩)

تبدل تحدب الجسم البللوري بالمطابقة ١ - قبل المطابقة ٢ - نواة ٣ - بعد المطابقة

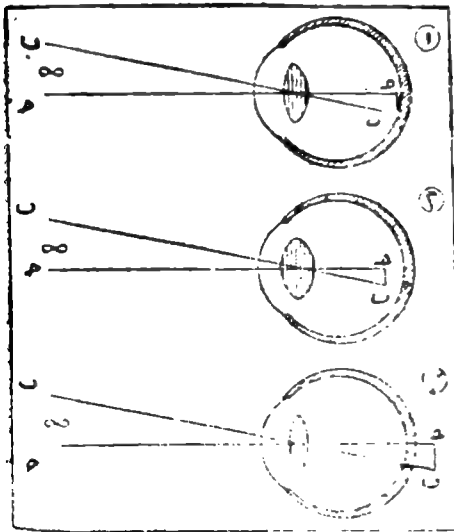
يتضح ، بعد جهد تقوم به العينان ، ولكي تقترب الصورة وتتكون على الشبكية يجب بحسب قوانين الضوء ، أن يزيد تحدب الجسم البللوري (العدسة) أي يجب أن يقصر البعد المحرق ، فالمطابقة اذا هي زيادة انحناء الجسم البللوري وتبدأ متى بلغ الجسم بعداً معيناً عن العين نقطة المدى (٦٠ متر) وتستمر ، حتى تبلغ أقصى حدودها متى أصبح الجسم على بعد معين ايضاً من العين (١٢-١٥ سم) يدعى نقطة الكتب ومتى جاز الجسم نقطة الكتب نحو العين زال الوضوح زوالاً لا يصلح ، لأن المطابقة تقف عند هذا الحد . وهكذا كلما قرب الجسم زاد تحدب الجسم البللوري ، فيبقى الخيال على الشبكية على الرغم من تبدل الوضع ، وقد اثبتت تبدلات الجسم البللوري بالتجارب التالية :

- ١ - اذا رفعنا الجسم البللوري من عين بطلت مطابقتها .
- ٢ - تجارب بوركنج: توضع أمام عين انسان ، شمعة مضيئة ينظر اليها ثم تراقب العين من الجانب فتشاهد فيها ثلاثة صور .
- أ - (٦) صورة قائمة تعطيها وجه القرنية الامامي الذي يقوم بدور مرآة محدبة .

- ب - (٥) صورة قائمة اكبر من السابق وأقل نوراً يعطيها وجه الجسم البللوري الامامي يقوم ايضاً بدور مرآة محدبة .
- ج - (٤) صورة معكوسة صغيرة يعطيها وجه الجسم البللوري الخلفي الذي يقوم بدور مرآة مقعرة .

فاذا نظر الانسان ، بدون ان يتحرك ، الى جسم اهرب من الشمعة رأينا أن الصورتين ٦٤، لم تبدلا (٣٠١) وان الصورة رقم ٥ هي التي تتبدل وحدها فتصغر (رقم ٢) وبذل هذا على أن انحناء وجه الجسم البللوري الامامي قد زاد .

آلية المطابقة: رأينا أن في مركز الجسم البللوري نواة صلبة وان حوافي هذا الجسم لينة ، ويزيد تقلص العضلات الهدبية في ضغط العين الباطن زيادة يندفع منها الجسم البللوري الى الامام فيتوتر بذلك رباطه المعلق الثابت في الوراء ويضغط على الاقسام الرخوة من الجسم البللوري التي تندفع الى الوراء بينما تبقى النواة المركزية الصلبة على حالها فتبرز . وهكذا يزيد انحناء وجه الجسم البللوري الامامي نصف ميليمتر تقريباً ويساعد على ضغط حفاف الجسم البللوري ايضاً امتلاء الزوائد الهدبية بالدم وانتباجها وقد صورت عيون قرودة في حال الراحة وفي حال المطابقة فوجدت تبدلات في اجسامها البللورية موافقة لما ذكره ونستطيع أن نطابق حتى نقطة الكتب (١٢ - ١٥ سم) حيث يبلغ تحدب الجسم



شكل (٨٠) عيوب الرؤية

- ١ - عين سليمة طبيعية ٢ - عين حسيرة
٣ - عين طامسة

البللوري أقصى حدوده . وتتبدل نقطة الكتب مع تقدم السن .

عيوب الرؤية : نذكر منها الحسر

والطمس والقذع والشوش .

اولا الحسر (قصر النظر) :

ويكون فيه محور العين الامامي الخلقي طويلاً ، ويكون تحدب الجسم البللوري زائداً فتقع صور الاجسام البعيدة امام الشبكية لاعليها لاذن تكون الرؤية فيها واضحة واذا قربنا الاجسام من العين بدأت صورها بالوقوع على الشبكية ونسحب بعد الجسم عن العين حتى بدأخياله بالوقوع على الشبكية نقطة المدي وهي البعد الاقصى للرؤية الواضحة ، فالحسير لا يرى

من بعد ، ويصلح الحسر بـعدسات مبعدة تخفف من تقريب جهاز العين البصري .
ثانياً – الطمس : مد النظر ويكون فيه قطر العين الامامي الخلفي قصيراً ، او يكون
تجذب الجسم البلوري قليلاً فتقع صور الاجسام البعيدة وراء الشبكية وتبتعد أكثر
فاكثر كلما اقتربت الاجسام من العين ، فلكي تتضح الرؤية ينبغي ابعاد الاجسام عن العين .
فالطامس لا يرى عن كئيب وتبعد فيه نقطة الكئيب حتى ٥٠ سم فأكثر . ويصلح الطمس
بـعدسات مقربة تزيد في تقريب جهاز العين البصري .

ثالثاً – القدح (مد البصر الشيخى) : تخف مرونة الجسم البلوري تدريجياً مع الزمن
وتقدم السن ، وينقص من جراء ذلك تبدل التجذب ، وبالتالي تحدد المطابقة فلا يرى
القادح عن كئيب . ويصلح هذا العيب بالـعدسات المقربة ويزيد مع تقدم السن .

رابعاً – الشوش : تنصف العين الشوشة بتيان في انحناءات خطوط عرضها المختلفة ،
او بنقص تجانس اوساطها الشفافة وخاصة في تجانس جسمها البلوري . فلا تكون الرؤية
واضحة في سائر الاتجاهات القائمة ، ومبهمة حسرة في الاتجاهات العرضية والعكس وتميل
العين في هذه الحالة الى مد الاجسام نحو الاتجاهات التي تتمكن من الرؤية فيها بوضوح ،
فتمطيها من جراء ذلك ابعاداً خاطئة ، مثلاً تكون صورة النقطة في العين الشوشة خطأ .
ويصلح هذا العيب بالـعدسات الاسطوانية المقربة او المبعدة .

دور القزحية : تمطي منطقة المركز في العدسات صوراً اوضح من التي تمطيها العدسات
بكاملها ، لذا تحجب حفاف العدسات بحجاب لاجتناب تأثير الزوغان الكروي وحيث ان
ان الجسم البلوري يشبه العدسة لذا وجب ستر حفافه بحجاب ، للحصول على صورة واضحة .
وحجابه السار هو القزحية . فاذا كان النور شديداً كانت الصورة واضحة لتضييق الحدقة
المرافق وإذا كان النور ضعيفاً كانت الصورة قليلة الوضوح لالتساع الحدقة الذي يموض
عن ضعف النور ، فيضحي الوضوح هكذا في سبيل الانارة . وقد رأينا ان ضيق الحدقة
ينتج عن تقلص عضلات القزحية الدائرية ، وان اتساعها يحدث بتقلص عضلاتها الشعاعية ،
ويطلق على هذه الحركة اسم المنعكس الحدقي .

دور الشبكية في الرؤية : يعتبر النور منبهاً طبيعياً للشبكية ، اذ تحدث الاهتزازات الضوئية التي ينحصر تواترها بين تواتر الاشعة الحمراء والاشعة البنفسجية احساسات ضوئية تدعى الاحساسات الجسمية ، بينما تحدث الاهتزازات الاخرى خارج هذه الحدود أي احساس ضوئي . وهكذا فان الشبكية لا تتنبه بالاشعة فوق البنفسجية ولا بالاشعة تحت الحمراء ولا ينه النور في الشبكية إلا طبقة الخلايا ذات العصي وذات المخاريط ، فتخترق الاشعة الضوئية طبقات الشبكية حتى تصل اليها . وتحول هذه الخلايا الاهتزاز الضوئي إلى تنبيه عصبي (سيالة) . وبترافق هذا التحويل بتبدلات في الشبكية نلتها فيما يلي :

١ — تتمدد استطالات الخلايا الصبغية ، بين العصي والمخاريط بالنور ، وتقلص بالظلمة .

٢ — تقصر رؤوس المخاريط بالنور وتطول بالظلمة .

٣ — يتحلل الارجوان الشبكي بالنور فينعدم لونه .

وهكذا تقضي تبدلات عناصر الشبكية المختلفة إلى تكوين صور ضوئية واضحة الاجسام المنيرة أو المستنيرة فيبقى خيال النواحي المظلمة من الاجسام وردياً بينما يبيض خيال النواحي المستنيرة منها . ويستطاع تثبيت الصورة بوضع العين (المقلمة من جثة بعد الموت مباشرة ، أو من حيوان) في محلول الشب نسبته ٤ ٪ ومها يكن من أمر فان سيالة عصبية تنشأ في حذاء الشبكية المنبهة ، وتنتقل إلى المخ (مركز الرؤية بواسطة العصب البصري)

مدة الانطباعات الضوئية : لنحدد مدة إلى جسم منير ثم لنطلق عينينا فجأة ، فنشعر باستمرار الاحساس بالنور فترة قصيرة بعد اغلاق العينين . وتختلف هذه المدة فتتراوح

بين $\frac{1}{4}$ إلى $\frac{1}{10}$ من الثانية ، فاذا توالى الانطباعات الضوئية على الشبكية بتواتر فتراته أقل

من $\frac{1}{10}$ من الثانية ، حدث احساس ضوئي مستمر . والامثلة على ذلك كثيرة في عصرنا فان

النجوم الهابطة ترينا خطأً نارياً مستمراً كما ترينا قطعة الفحم المتوهجة إذا حركت بسرعة

خطاً نارياً مستمراً أيضاً . وعلى هذا الاساس بنيت آلات عرض الصور المتحركة (السينما) وصنع قرص نيوتن لتركيب اللون الابيض الخ ..

الرؤية القوية : كيف نرى الاشياء قريبة وقد بينا أن خيالها منعكس على الشبكية ؟ يجب ان لا نعتبر الشبكية دريئة بسيطة تسقط عليها الخيالات ، بل يجب ان نذكر أنها غشاء حي ، وان الاحساس البصري لا يحدث فيها انما يحدث في المخ مركزه الخاص بتقويم الخيال الشبكي عمل خاص بالمراكز الخفية لا شأن للقوانين الفيزيائية فيه ابدأ .

الرؤية المضاعفة : يتكون للجسم الواحد خيال في كل عين ، فلماذا لا نرى الجسم مضاعفاً ؟ عندما نحدد إلى جسم توجه محو محور عيننا البصري بصورة يتكون خياله معها على اللوحة الصفراء . وتقوم المضلات الحركة بهذا التوجيه فتوجه العينان محوريها نحو نقطة واحدة هي الجسم فتكون الخيالات في نقاط متناظرة على الشبكتين في وقت واحد كما تنتقل التنبيهات منها بالمصبيين البصريين في وقت واحد ايضا ، فتراكب الصورتان في المركز البصري وتحدثان احساساً واحداً . فاذا وقع الخيالان في نقاط مختلفة على الشبكتين ، حدثت الرؤية المضاعفة ، ونلاحظ ذلك متى ضغطنا باصبعنا على احدى العينين ضغطاً يفسد تناظر الشبكتين بتبديل اتجاه محور العين . وهذا ما يحدث ايضا في الحول .

الرؤية المجسمة : يرسم للجسم الواحد خيال في كل عين . وتنشأ الرؤية المجسمة من تراكب هذين الخيالين في مركز البصر ، فهي إذن عمل مخي . ويكفي لاثبات ذلك أن



الرؤية النافرة

نذكر ان الكمه (العميان ولادة) الذين يستعيدون بصرهم فجأة لا يستطيعون تقدير المسافات والنواني ، فيظنون ان الاجسام التي يشاهدونها

تمس أعينهم . كما أن الرؤية بالعين الواحدة لا تعطي إلا فكرة ناقصة عن المسافة والبروز . ويزيد التجسيم باستعمال المنظار المجسم الذي تتطابق فيه صورتان للجسم واحد ، اخذتا من نقطتين مختلفتين .

تقدير بعد الاجسام : تقدر بعد الاجسام بالعين المجردة ، بالاستناد إلى وضوح الاجسام وحجمها الظاهر وبالمقابلة مع اجسام مجاورة معروفة الابعاد ويستطاع تقدير البعد بالعين الواحدة ، والمرآن قيمة في ضبط هذا التقدير .

التعب الشبكي : يشعّب النور الساطع الشبكية فينقص تنبها فاذا انتقلنا فجأة من النور الشديد إلى غرفة قليلة الاضاءة فاننا لانميز فيها شيئاً إلا بعد مرور بعض الزمن . ويعمل ذلك بأن الخلايا البصرية اتى اتباعها النور الساطع لا تتنبه بخيالات الاجسام الموجودة في الغرفة إلا بعد حين .



التكاثر في الطائنت الحية

ان القدرة على انتاج كائنات حية جديدة هي من الصفات الاساسية في الحيوانات والنباتات وقد استطاع علماء الحياة الاقدمون فهم كيفية التكاثر في الحيوانات الراقية، أما بالنسبة للكائنات الحية الأخرى فقد ساد الاعتقاد قروناً طويلة بأن بعض أشكال الحياة يمكن أن تنشأ من مواد غير حية، وذلك بالتكاثر العفوي فاعتقد ان الديدان تنشأ من الطين وأن الذباب ينشأ من اللحم المتفسخ . وقد بدى منذ زمن فرانيسكو ريدي بنبذ هذه الاعتقادات الخاطئة ، إذ تمكن هذا العالم ان يبين في عام ١٦٦٨ أن الذباب لا ينشأ من اللحم إلا إذا تركت عليها ذبابة حية بعض البيوض . ومع ذلك فقد بقي الاعتقاد سائداً حتى منتصف القرن الماضي بأن الجراثيم والمضويات المجهرية الأخرى تنشأ بصورة عفوية . وفي سنة ٨٦١ تمكن لويس باستور من نفي وجود التكاثر العفوي وذلك بتلقيحه للزراع وحفظها بعيدة عن التلوث بالجراثيم أو بذراتها ، وقد بقيت هذه الزراع المقيمة والمحفوطة مدة طويلة بدون أن يظهر فيها كائنات حية .

اشكال التكاثر :

للتكاثر شكلان رئيسيان : التكاثر الجنسي والتكاثر اللاجنسي ، والفارق بينهما هو وجود خلايا جنسية خاصة تسمى الاعراس .

٢- التكاثر اللاجنسي : يسمى التكاثر لا جنسياً عندما يتم بواسطة فرد واحد ليس له جهاز تكاثر خاص ، وتشاهد مثل هذه الطريقة في التكاثر في كثير من الحيوانات والنباتات الدنيا وللتكاثر اللاجنسي اشكال عديدة نذكر منها أهمها :

الانشطار المزدوج: لا توجد في الواقع طريقة بسيطة للتكاثر ولكن أقل الطرق تعقيداً هو ما كان بواسطة الانشطار الثنائي الذي يحدث في النباتات أو الحيوانات وحدة الخلية . فعندما تصل هذه الكائنات في حجمها حداً معيناً تنقسم إلى خليتين بنتين كما يحدث في المتحول إذ ينقسم الفرد إلى نصفين متساويين عادة . فنقسم النواة أولاً ثم الهيولى الخلوية ، ويتم كل نصف بعد ذلك نموه حتى يشكل فرداً كاملاً .

التبرعم : يحدث التكاثر بالتبرعم في كل من الحيوانات والنباتات ، وأبسط أشكاله ما يشاهد في الخمائر المتعضية . فيظهر برعم صغير في طرف الخلية لا يلبث ان يزداد حجمه حتى يفصل عن الخلية الأم . إلا أنه يبقى ملاصقاً لها فتتشكل سلاسل خلوية قد تكون متشعبة . التجدد : يقصد بالتجدد نمو كائن جديد اعتباراً من أحد أجزائه . فيمكن الحصول

على نبات كامل عندما نزرع منه ورقة أو درنة أو بصلة أو جذراً أو قطعة من أغصانه . وتشاهد مثل هذه الطريقة في التكاثر في الحيوانات فالحيوان المسمى نجم البحر يبيض أجزائه التالية ولو لم يبق منه إلا القرص المركزي ، وهذا ما يحدث أيضاً في بعض أنواع الديدان وتشتد قابلية التجدد في الحيوانات كلما هبطنا سلم الرقي الحيواني وما انتام الجروح في الانسان إلا نوعاً من التجدد وان استحالت تعويض العضو المبتور .

التطعيم : وهو وصل نبات بنبات آخر أو وصل جزء من نبات بنبات آخر لينتجما ويعيشا كأنهما نبات واحد ويسمى الجزء الذي يحمل الجذور منها المطعم ، ويسمى الجزء الذي ينشأ في المطعم الطعم : وللتطعيم أنواع : التطعيم بالشق والتطعيم الاكيلي والتطعيم بالبرعمة .

أ - التطعيم بالشق : تقطع ساق نبات ويصنع فيها شق قائم وتوضع في الشق نهاية غصن فتي مبرية بشكل قلم تحمل برعماً ويشترط في ذلك ان تتوافق الطبقات المولدة في الطعم وفي المطعم وأن يسد الجرح ويربط بأربطة من الصوف حتى يتم الالتئام .

ب - التطعيم الاكيلي : يقطع المطعم قطعاً معترساً ثم توضع حول المقطع في القسم المتصل بالجذر بعد تنضيرة ، عدة طعوم ولشد بأربطة حتى يتم التئامها .

٣ - التطعيم بالبرعمة : والطعم هنا قطعة من قشرة ساق أو قطعة غصن فيها برعم تدفن في شق على شكل حرف (T) مصنوع في قشرة ساق النبات المطعم . ولا ينجح التطعيم في النباتات الا إذا كان المطعم والطعم عائدين الى فصيلة نباتية واحدة مثلا يطعم اللوز بالاجاص والمكس ، وانتماح بالكمثرى ولا يطعم اللوز بالكمثرى . ويستفاد من التطعيم في التكثير السريع وفي اصلاح النوع .

التبوغ :

١ - في النباتات : تتكون في كثير من النباتات الدنيا أبواغ تعطي نباتات جديدة مشابهة للنبات الاصلي، وتشكل هذه الابواغ عادة في مكان معين من جسم النبات وتشاهد أبسط حوادث التبوغ عندما تفرز الخلية حول نفسها غلافا خاصا لا تلبث ان تنقسم داخله الى عدد من الخلايا ثم ينفجر هذا الغلاف بعد مدة فتحرر منه الابواغ وتسقط في وسط المحيط بها ، وتنتشر اذا كان هذا الوسط ملائما . وتشكل في الفطور والطحالب اكياس بوجية خاصة تحوي عدداً معيناً من الابواغ يتميز به الفطر او الطحلب .

٢ - في الحيوانات : يشاهد التبوغ بصورة خاصة ، في الحيوانات الغيرية كامامل البرداء اذ تحدث عدة انشطارات متتالية تؤدي لتكون عدد من الابواغ فتقسم النواة عدة انقسامات تنوزع الهوى الى الخلية حول كل نواة من النوى .

ب - التكاثر الجنسي :

يشكّر معظم الحيوانات والنباتات بهذه الطريقة التي يتكون الفرد الجديد فيها من خلايا جنسية خاصة تنشأ من أبوين اثنين . ويتم ذلك باتحاد خليتين جنسيتين من نوعين مختلفين (ذكر واثني) . كما رأينا في الحيوانات البذيرية والاشنة الخضراء الحزونية . والشيء الملاحظ في التكاثر الجنسي ، أن الخلايا الجنسية لا تتحد مع بعضها إلا بعد أن تطرأ عليها حادثة انقسام منصف يجعل عدد الصيغيات فيها نصف العدد الاصلي وهذا ما سنتعرض له فيما بعد .

الاعراس :

يطلق هذا الاسم على الخلايا الجنسية التي تعطي باتحادها خلية واحدة هي البيضة قادرة على بدء نمو كائن من جديد ، ويطلق على هذا الاتحاد اسم الاقحاح . وقد تكون الاعراس متشابهة بالشكل أو مختلفة ، وهي تتكون في الكائنات الراقية في أجهزة خاصة تدعى أجهزة التكاثر : الزهرة في النباتات بادية الاقحاح والمناسل (الخصية والمبيض) في الحيوانات .

الخنث :

يطلق هذا الاسم على الحالة التي يحمل فيها الكائن الحي كلا النوعين من أجهزة التكاثر كما في دودة الارض التي تحوي جهازين تناسل نامين احدهما مذكر والآخر مؤنث على الرغم من الزواج الذاتي لا يحدث الا نادراً . أما عندما يكون المنسل المذكر في كائن حي مستقل والمنسل المؤنث في كائن آخر فيقال بثنائية الجنس او بالانفصال الجنسي .

الجنس في النباتات :

ينفصل الجنس في معظم الحيوانات والنباتات فيكون هناك نوعان من الافراد ذكر وانثى . ففي بعض النباتات تحمل الزهرة أعضاء التذكير (الأسدية) وأعضاء التأنيث (المدقة) فيقال بان الزهرة خنثى والاقحاح ينطب أن يكون ذاتياً ، أما في البعض الآخر من النباتات فالزهرة اما مؤنثة تحمل المدقة او مذكرة تحمل الأسدية ، واقتفال غبار الطلع من الأسدية الى المدقة يتم بواسطة الهواء أو الحشرات .

الجنس في الحيوان والانسان :

يتطلب التكاثر الجنسي في الحيوانات والانسان وجود مناسل تنتج خلايا تناسلية ناضجة هي الاعراس . وتسمى الاعراس التي تنتجها المناسل المذكرة النطف بينما تسمى تلك التي تنتجها المناسل المؤنثة البويضات . ولا يشاهد الخنث في الحيوانات الدنيا (الديدان) . أما

في الحيوانات الراقية - وأرقاها الانسان - فيوجد دوماً انفصال الجنس عدا بعض الحالات
الولادية الشاذة .

تكون الاعراس :

تكون الاعراس في المناسل : ففي النباتات تتكون البيضات في المبيض (المدقة) بينما
تتكون النطف في حبوب الطلع داخل المثبر ، أما في الحيوانات فالخصية تنتج النطف والمبيض
ينتج البويضات . وتختلف المظاهر الشكلية لتكون الاعراس في النباتات عنها في الحيوانات
إلا أن المراحل الخلوية أي المظاهر الأساسية في هذا التكون تبقى واحدة تقريباً في جميع
الكائنات الحية التي تتكاثر تكاثراً جنسياً، وكذلك الامر فيما يقال عن الالتحاق لذا سنفقصر
في بحثنا على ذكر مراحل تكون الاعراس في الانسان فقط .

تكون الاعراس في الانسان :

تتكاثر الخلايا التناسلية الاولى الموجود في المناسل باقسامها انقساماً معتقاً يشبه ما يقع
في خلايا الجسم الاخرى ، فنقسم الصبغيات انقساماً طويلاً ينصفها تماماً وبؤمن لكل خلية
بفت صبغيات مشابهة لصبغيات الخلية الام ومساوية لها بالبعد (أي المدد المضاعف ن) .
وينحدر أحد أفراد كل زوج من هذه الصبغيات من الاب بينما ينحدر الفرد الآخر من الام .
وعند اقتراب النضج الجنسي يسرع تكاثر الخلايا التناسلية المذكورة التي تسمى في هذه
المرحلة المنسلات المنوية (الخلايا المنوية الابتدائية) في الذكور أو المنسلات البضية
(الخلايا البضية الابتدائية) في الاناث ، ثم تطرأ على هذه الخلايا قبل أن تصبح قابلة
للاقتحام عدة تبدلات هامة يعتبر الانقسام المنصف في طليعتها وتختلف الاعراس المذكورة عن
الاعراس المؤثرة بالشكل والحجم والوظيفة ، ولكن التبدلات النووية التي تطرأ على
المنسلات والتي تؤدي إلى تكون الاعراس تتشابه في كلا الجنسين .

تكون النطف :

عندما ينضج الفرد الذكر جنسياً تبدأ المنسلات المنوية بالتكاثر بطريقة الانقسام المعتق

ثم تمر كل منها في فترة انضج يزيد فيها حجمها فتسمى الخلية المنوية الأولية وفي الدور الأول من الانقسام المنصف الأول يظهر في النواة العدد الصبغي المزدوج (٢ ن) (١) . ويتوضع كل زوج من هذه الصبغيات بصورة متوازبة تقريباً ، لذا سميت هذه الظاهرة بالازدواج .

ثم يبدأ كل صبغي بالانقسام طوئياً إلى صبغين اثنين يقيان متلاصقين فيصبح كل زوج من الصبغيات الأصلية أربعة صبغيات يطلق على مجموعها اسم رباعية ويتوقف انقسام الصبغيات عند هذا الحد . وبعد ذلك تنحدر الصبغيات وتقتصر في كل خلية منوية أولية ، ثم يتشكل مفزل ترتب عليه الرباعيات في مستو استوائي .

وفي الدور الثاني تفصل الرباعيات الأولية انفصلاً خفيفاً يتلوه في الدور الثالث اتجاه أحد أزواج كل رباعية نحو أحد قطبي الخلية واتجاه الزوج الثاني نحو القطب الآخر . والشيء الملاحظ هنا توزيع الرباعيات هذا إلى قطبي الخلية لا يتبع قاعدة ما ، فالأزواج التي اتجهت إلى أحد القطبين هي أزواج خليطة ، أبوية وأموية ، تسمى الخلايا الناتجة عن هذا الانقسام الخلايا المنوية الثانوية وتحوي نواها العدد (ن) من الصبغيات أو العدد (٢ ن) من الصبغيات .

يتلو هذه المراحل جميعها وبدون فترة راحة الانقسام المنصف الثاني ويبدأ بشكل مفزل جديد في كل خلية منوية ثانوية وتأخذ الصبغيات أو أزواج الصبغيات وضاً استوائياً ، ثم يفصل كل صبغي عن قرينه متجهاً نحو أحد القطبين ويتجه الصبغي الآخر نحو القطب المقابل . وتشكل بهذا خليتان جديدتان تسمى كل واحدة منها النطفة .

وهكذا تنتج عن كل خلية منوية أولية أربعة نطفات تحوي نواها العدد (ن) من الصبغيات ، وكل صبغي منها يمثل أحد الصبغين المتقابلين المتوازيين الذين كانا في الخلية المنوية الأولية ، وهو أما أن يكون من الأب أو الأم .

(١) يصعب تمييز الصبغيات في النواة التي ليست في دور الانقسام إذ تكون متناثرة في المادة النووية ، بما حداً بالبعض إلى اعتبار الصبغي شريطاً مكوناً من جزئيات صغرية وقد ايدت الملاحظات الحديثة صحة هذا الافتراض إلى حد كبير .

ولا يقف الأمر عند هذا الحد ، بل يطرأ على النطفة تطور شكلي يتجلى بفقد كمية كبيرة من الهبولى الخلوية وبكثف النواة وازدياد ولعها بالمواد الملونة . وهكذا تكون النواة رأساً تتلوه بقية من الهبولى الخلوية تتشكل وراءه قطعة متوسطة فيها جسم مركزي أو جسيمان وذنباً طويلاً متحركاً . وتصبح النطفة بعد هذه التبدلات خلية تناسلية ناضجة تستطيع القاح البيضة فتسمى النطفة . ولعلم أن الاعراس المذكورة لا يخرج من الخصية إلا بشكل نطف .

تكون البيضات :

تتحول المنسلية البيضية في البيض الى خلية بيضة أولية بأن يزداد حجمها كثيراً ويظهر المخ فيها . أما الازدواج وتكون الرباعيات واختزال عدد الصبغيات فيحدث عاماً كما في تكون النطف ويشذ عن ذلك توضع المفزل الذي يكون هنا هامشياً .

ففي الانقسام المنصف الأول يبقى كامل الهبولى الخلوية تقريباً حول إحدى النواتين ليشكل الخلية البيضية الثانوية وتبقى النواة الأخرى ملاصقة لهذه الخلية بشكل كرية قطبية صغيرة ؛ ويحدث الشيء نفسه في انقسام المنصف الثاني إذ تشكل الهبولى الخلوية مع نواة واحدة البيضة بينما تكون النواة الأخرى كرية قطبية ثانية . وتصبح البيضة هذه ناضجة قابلة للإلقاح بعد تغير طفيف جداً في موضع النواة . وهكذا فإن المنسلية البيضية لا تنتج إلا ببيضية ناضجة واحدة على الرغم من تشابه الانقسامات النووية في كل من الحنسيين . ولا بأس أن يذكر هنا أن الانقسام المنصف في بعض الأنواع الحيوانية لا يحدث إلا بعد دخول النطفة الى البيضة ، أما في الإنسان فمن الراجح أن الانقسام المنصف الثاني يحدث بعد الإلقاح .

الإلقاح :

يدعى اتحاد نقطة مع ببيضة ناضجة الإلقاح ، كما تعرف الخلية الناتجة عن هذا الاتحاد بالبيضة الملقحة ، وهي خلية تحوي في نواتها العدد (٢٠) من الصبغيات ، وتتجلى حادثة

الاقاح مظهرين : الاول فيزيائي وهو دخول النطفة إلى البيضة واثاني وظيفي يشمل التبدلات التي تطرأ على كل من الخليتين الجنسيين قبل اتحادهما . والاقاح حادثة طبيعية غير عكوسة يطلب ان تكون نوعية ، إلا أنه قد يحدث في بعض من الحالات ان تتمكن نطفه حيوان من نوع معين من أن تلقح بيضة حيوان من نوع آخر ، وبينه الاقباح البيضة لتبدأ التقسيم كما يعمل على جمع صفات الأبوين الارثية في الفرد الجديد .

ويكون الاقاح في بعض الحيوانات خارجياً فتجتمع النطف مع البويضات في ماء البحر مثلاً . أما في الحيوانات الاخرى فيكون داخلياً يتم في الرحم أو في الطرق الناقلة للاعراس المؤثرة كما في الانسان . وقد يحدث في بعض الانواع الحيوانية أن تدخل النطفة البيضة قبل أن تتم هذه المراحل تكونها ونضجها ولكن اتحاد النوايين في هذه الحالة لا يتم إلا بعد نضج البيضة التام .

تعين الجنس :

لوحظ عند دراسة الصبغيات أن الخلايا الجنسية والخلايا التناسلية الاولى تحتوي زوجاً من صبغيات غير متماثلة تماماً أطلق عليها اسم الصبغيات المتخالفة ، بينما أطلق اسم الصبغيات المتماثلة على بقية الأزواج الصبغية ، وقد اسند العلماء الحياة الى الصبغيات المتخالفة دوراً كبيراً في نقل بعض الصفات الارثية الخاصة وفي تعين الجنس نفسه . ثم جاءت التجارب والملاحظات الحيوية مؤيدة لهذه الفرضية .

ويتألف زوج الصبغيات المتخالفة من صبغيين يختلفان عن بعضهما حجماً وشكلاً ، فسمي الاكبر حجماً منها الصبغي (س) بينما سمي الآخر الصبغي (ح) ؛ وقد يفتقد هذا الاخير في بعض الانواع الحيوانية ، وقد وجد أن خلايا الاناث كتمتع زوج من الصبغيات (س) وهكذا اصبح بالإمكان أن نرسم للاناث بالصبغة (س س) . أما خلايا الانسان باستثناء أعراسه فتحتوي ثمانية وأربعين صبغياً ، زوج من الصبغيات المتخالفة وثلاثة وعشرون زوجاً من الصبغيات المتماثلة ، وفي أثناء الاقسام المنصف ونضج الخلايا التناسلية يفرق الصبغيان المتخالفتان عن

بعضها كبقية الصبغيات ، فالأعراس الناتجة اذن أما أن تحوي الصبغي (س) أو أن تحوي الصبغي (ع) وذلك بالإضافة الى ثلاثة وعشرين صبغياً متماثلاً : فاذا استعملنا الحرف (م) للدلالة على هذه الصبغيات المتماثلة أمكننا أن نمثل احتمالات الاقتران بين الأعراس المختلفة بالشكل التالي :

<u>صبغة الابوين</u>	<u>الأعراس</u>	<u>صبغة الفرد الناتج وحسنه</u>
صبغة المذكر (م+م)	(م+س) (م+م)	(م+م+س) مؤنث
صبغة المؤنث (م+م)	(م+س) (م+ع)	(م+م+ع) مذكر

فالجنس اذن يتعين بنوع النطفة التي ستلقح البيضة ، وبفسر التساوي العددي لنوعي النطف المتشكلة التساوي التقريبي لعدد الذكور وعدد الاناث في أي نوع حيواني .

وتختلف الانواع الحيوانية من حيث الصبغيات المتخالفة ، ففي بعضها ينعدم وجود الصبغي (ع) فتتقص صبغة الفرد المذكر صبغياً واحداً عن صبغة الفرد المؤنث ، وفي بعضها الآخر انعكس الآلية فيكون وجود الصبغي (ع) صفة مميزة للخلايا الاناث .

لقد سيطرت قبل اكتشاف الصبغيات المتخالفة نظريات عديدة حاولت أن تفسر تعيين الجنس بتأثيرات خارجية أو بامكانيات خاصة داخل هيولى الأعراس ، إلا انها لم تستطع جميعها تفسير بعض الظواهر الوراثية التي كتملق بالجنس تفسيراً مقبولاً كنظرية الصبغيات المخالفة . وعلى الرغم من ذلك فقد بقيت هناك بعض الامور الشاذة في تعيين الجنس ، اذ شوهد في بعض من ذباب الفواكه والنحل ازدواج جنسي قتبدي بعض اجزاء الجسم خصائص مذكرة بينما تبدي الاجزاء الاخرى خصائص مؤنثة ، كما شوهد في بعض الحيوانات الفقارية تبدل في الجنس ، فالحيوان الذي كان في بدء حياته انثى يتقلب ذكراً .

الفرد الصم والحائات « الهرمونات »

الحائات : هي مواد كيميائية ذات تأثير نوعي تفرزها الغدد الصم وتلقي بها الى الدوران لتقوم بتأثيراتها الخاصة في أعضاء معينة من الجسم . ومن الملاحظ أن الحائات تجتاز بطانات الاوعية الشعرية لتصل الى الدوران فهي لذلك يجب أن تفرز بشكل يمكنها من هذا الاجتياز كأن تكون مرتبطة بمواد أخرى قابلة للنفوذ . والحائات بعد قيامها بتأثيرها يجب أن تطرح أو أن يبتلع عملها (بالا كسدة غالباً) وبصوب كشف الحائات في المفرزات بسبب ضالة كيميائها .

وظائف الحائات . تقوم الحائات بالمحافظة على الوسط الداخلي والشايط الاعائى كما يتضح مما يلي :

تشرف الحائات على استقلاب الماء والاملاح المعدنية والمواد المتحللة بالكهرباء (المتحللات) وتعمل على تثبيت كمية السكر في الدم كما تشرف على سير النمو عامة وعلى نمو الاعضاء التناسلية والعظام خاصة . وتشرف ايضا على الارتباط الموجود بين قسمي الجهاز العصبي الاعائى وعلى التوازن بين تأثيراتها وتأثيرات حائات الغدد الصم الاخرى .

وفي بعض الحالات يتناسب النشاط الافرازى مع نسبة تركيز الحائات في الدم فتتظم الغدد الصم هكذا كمية افرازها بنفسها .

ويشترط في الحائات أن تتمتع بالصفتين التائيتين :

أ — أن يؤدي فقدها من الجسم (أثر مرض أو استئصال جراحي) الى ظهور عوارض مرضية وفيزيولوجية معينة .

ب — أن يؤدي حقنها الى الجسم الذي فقدت منه الى زوال العوارض المذكورة .
ونذكر فيما يلي أهم الغدد الصم ومفرزاتها :

١ — الغدة النخامية : هي غدة صغيرة تزن نحو نصف غرام وتقع في حفرة على الوجه العلوي للعظم الوتدي (السرج التركي) وتتصل بأرض البطين الثالث الدماغي ، وتتألف الغدة النخامية من فصين أساسيين يختلفان عن بعضهما وظيفياً وتشريحياً .

أ — الفص الامامي او الفص الغدي : يبدو مجهرياً بشكل نسج غدي ، ترويه كمية كبيرة من الدم ، وتدل تأثيرات خلاصات هذا الفص على وجود عدد الحاثات فيه :
١ — حاثه تيسط النمو .

٢ — حاثه تؤثر في استقلاب السكريات وهي الحاثه المولدة لداء السكر وهي تماكس تأثير الانسولين (مفرز المشكله الداخلي) .

٣ — حاثه تؤثر في استقلاب الجسم وهي الحاثه المولدة للخلون .

٤ — أربع حاثات تسيطر على تطور الغدد الصم الاخرى ووظائفها (الدرق وقشر الكظر والغدد الجنسية) .

٥ — حاثه مولدة للحليب وتشرف على سير الارضاع ونمو الغدد البنية في الثدي .

القصور النخامي : ويتجلى بنقص افراز الحاثات النخامية فاذا حدث هذا القصور أثناء الطفولة توقف نمو العنق ونمو المناسل وظهرت الدححة (قصر في الطول مع بداية ظاهرة) ويبقى النشاط العقلي مع ذلك سليماً . وإذا حدث القصور النخامي أثناء السهوله (بسبب نخزات في الفص الامامي) ظهرت أعراض تؤلف بمجموعها داء سيموند الذي يتجلى بضمور الدرق والكظرين والمناسل مع غياب شعر البدن .

فرط النشاط النخامي : وهو ازدياد في كمية الحاثات النخامية المفرزة ويحدث عادة بسبب تكون ورم غدي نخامي . فاذا حدث فرط النشاط هذا قبل البلوغ ترافق بازدياد

شديد في نمو الصقل يؤدي الى المعلقة ، أما إذا حدث بعد البلوغ فانه يؤدي إلى ازدياد في نمو بعض المظام فقط (عظام الفك السفلي واليدين والقدمين) كما يؤدي الى انحناء في العمود الفقري . وتؤلف هذه الاعراض بمجموعها تناذراً خاصاً يعرف باسم ضخامة الأطراف .

ب — **الفص الخلفي او النص العصبي** : وهو ينشأ من النواء في قاعدة البطين الثالث . ويتغذى الفص الخلفي بكمية كبيرة من الدم تحملها اليه جملة شعرية منفصلة عن تلك التي تروي الفص الامامي ، وتوحي التجارب والتأثيرات الدوائية لخلاصات الفص الخلفي بوجود ثلاثة حاثات :

١ — حاثة الوضع : وتؤثر بصورة فمالة وسريعة في تقلصات عضلة الرحم .

٢ — حاثة مضيقه للأوعية : وتؤثر في الاوعية الشعرية إذ يسدو على الشخص أثر حقيقته بها شحوب واضح يترافق بهبوط في التوتر الشرياني قلما يكون محسوساً ، وربما كان لها بعض التأثير في تقلص العضلات الملساء .

٣ - حاثة مضادة للادرار وتسبب زيادة في امتصاص أنابيب الكلية للساء ، ويؤدي تلف الفص الخلفي الى بواله وعطش شديد وهما العارضان لرئيسيان في الاداء المعروف بداء السكر الذي يشفى باعطاء خلاصات الفص الخلفي .

٤ — **الغدة الكظرية او الكظرون** : وهما غدتان صغيرتان تقعان خلف صفاق البطن (الباريطون) ويستقر كل منها على قطب الكلية الملوي . ويبدو الكظر عند قطعه مؤلفاً من منطقتين : الاولى ظاهرة لونها مائل للصفرة وتسمى قشر الكظر والثانية باطنية حمراء تسمى (لب الكظر) ، فالكظر إذن كالغدة النخامية يتألف من قسمين مختلفان عن بعضهما تشريحياً ووظيفياً .

أ — **قشر الكظر** : ويتألف نسيجياً من خلايا غدية مفرزة . وهو يشكّن غدة لأئمة بذاتها ضرورية جداً لحياة الفرد .

قصور قشر الكظر : ويظهر غالباً أثر إصابة الغدة المذكورة بالسل (داء أدسون) ، ويتجلى باختلال في توازن الاملاح وفي المضم (غنيان وفي) وفي استقلاب السكر ، كما يتجلى بوهن عضلي ونقص في الوزن وهبوط في التوتر الشرياني وازدياد في اصطباغ الجلد .

فوط نشاط قشر الكظر : ويعود غالباً إلى تكون ورم غدي قشري يؤدي الى اريداد في امراز الحاثات الجنسية ، لذا تظهر في النساء عوارض الزبب الكظري (ظهور الاشعار في غير مكانها المعتاد) . أما في الاطفال فيحدث بلوغ مبسر (باكر) .

ب — لب الكظر : ويتألف من مجموعة من الخلايا الكيرة الاضلاع تفرز حاثين هامتين (الادرينالين والنور أدرينال) وتلقيهما الى الجيوب الوريدية التي تكثر في لب الكظر .

الادرينالين : تتمتع هذه الحاثة بتأثيرين أساسيين :

١ — في العضلات الملس والعضلة القلبية : تتأثر العضلات الارادية من الادرينالين فتنبض الشريينات عامة وخاصة في الجلد والاحشاء ، أما في عضلات الصقل فتتسع الاوعية وينشط الدوران . كما وتتأثر من الادرينالين عضلة القلب فتزداد ضربانه شدة وتوترأ ، ويرتفع التوتر الشرياني آتياً كنتيجة لهذه التأثيرات غير أن هذا الارتفاع يكون مؤقتاً . وكذلك تقلص العضلات الشعاعية في قزحية العين ومصرات المانة وألياف الطحال .

٢ — في استقلاب السكر : يزداد بتأثير الادرينالين انحلال الخليقوجين وتحوله الى سكر عنب (غليفوز) في كل من الكبد والعضلات ، وتزداد بذلك نسبة السكر في الدم ، فالادرينالين إذن يعاكس الانسولين في التأثير .

النورادرينالين : وهو الوسيط الكيميائي لنقل السيالة العصبية في الالياف المفرزة للادرينالين ، ويتحرر من نهايات هذه الالياف لدى تنبيهها ، وهو ايضاً ينبه الأعصاب الجيبية الانهريية فيبطي القلب ، كما يحدث تقبضاً وعائياً عاماً وتوسماً في الاوعية الاكليلية

في القلب . فتأثيراته المماثلة على القلب إذن أقوى من تأثيرات الادريالين . ويستعمل النور أدريالين للسيطرة على التوتر الشرياني أثناء العمليات الجراحية إذ ليست له تأثيرات نفسية أو استقلابية .

فوط افراز الادريالين : ان الانفصالات النفسية (كالفرح الشديد والخوف) مثلاً تزيدان في افرازاته التي تسرع ضربات القلب .

٣ — خلايا جذور لانقرهانس: وهي الخلايا التي تشاهد في المشكلة والتي تؤلف بمجموعها غدة صماء مستقلة عن بقية المشكلة . وفي تفرز حائصة خاصة هي الانسولين الذي ينظم استعمال السكريات في البدن إذ يساعد على استهلاك الفليقوز في الأنسجة وعلى تشكيل الغليكو جين في الكبد والمضلات ، كما ويوقف تشكيل السكريات اعتباراً من الهيوالينيات .

نقص افراز الانسولين : ويكون بدرجات مختلفة الشدة وهو حالة مرضية خاصة تعرف بداء السكر الذي يتجلى بظهور السكر في البول وبمراض أساسية ثلاثة : نهم (شدة الجوع) وسهاف (شدة العطش) وبواله (كثرة كمية البول) . ويظهر السكر في البول لازدياد كميته في الدم عن عتبة أفراغه في الكلية (زيادة سكر الدم) . ويحتاج طرح هذا الفائض من السكر إلى كمية كبيرة من الماء تفسر كثرة البول وحاجة المريض الشديدة إلى الشرب . ويبدأ الكبد - بسبب عدم استطاعة الجسم الاستفادة من السكريات الموجودة في الدم - بحل الفليقوجين المخزون فيه ، ثم لا يلبث أن يبدأ (بعد نفاذ هذا المخزون) بتحويل الحامض الأمينية إلى سكريات ، فإذا لم يعالج المريض في الوقت المناسب ، فقد قسماً كبيراً من وزنه بسرعة واضطرب استقلاب غذائه فتتشكل في بدنه حموض عضوية لها تأثير سام يؤدي إلى فقد الوعي (السبات السكري) .

فوط افراز الانسولين : يظهر عند ازدياد نشاط خلايا لانقرهانس أو عند إعطاء كميات كبيرة من الأنسولين ، وتختلف شدة المراض الناجمة باختلاف هذه الكميات وذلك النشاط . ويؤدي ازدياد الانسولين إلى نقص كبير في كمية سكر الدم يتجلى بمراض قد تكون خطيرة (رجفان ووهن عضلي وتفرق وقلق نفسي) وقد تؤدي في

النهاية إلى فقد الوعي ويشفى المريض بسرعة عند إعطائه قطعة من السكر . ومن المهم أن نذكر أن نقص السكر في الدم يؤدي بفعل انمكاسي إلى تنبيه منطقة ما تحت السرير البصري (مراكز ودية) وبالتالي إلى إفراز الأدرينالين الذي يحث على حل الفليقوجين من الكبد والمضلات ، وبالعكس فإن ازدياد سكر الدم قد يكون سبباً في تنبيه المهيم لحت إفراز الأنولين .

٤ — الغدة الدرقية : وتقع في القسم السفلي من العنق وتتألف من فصين (أيمن وأيسر) يستران جانبي الرغامي ومن برزخ في الامام يصل بينهما . وتتألف الغدة مجهرياً من حويصلات تبطنها طبقة واحدة من خلايا بشروية مكعبة ، وتحتل هذه الحويصلات بمادة غروية هلامية لزجة لونها مائل إلى الصفرة تحوي العنصر الفعال الذي تفرزه الخلايا المذكورة ، وهو مادة كيميائية يودية تسمى الثيروكسين . وتعتبر الثيروكسين حاتة الغدة الدرقية ويكون في الحويصلات بشكل متحد مع الكربوين الدرقي ثم ينتقل الى الاوعية الدموية المجاورة .

قصور الدوق : وهو حالة بنقص فيها إفراز الثيروكسين وتتميز بانخفاض في درجة الاستقلاب الأساسي يتجلى ببطء في النبض والدوران وهبوط في الحرارة ، فاذا حدث هذا القصور أثناء الطفولة (الكتم) توقف عو العظام طولاً بصورة خاعة وتأخر التعمظم والبلوغ ونمو المملكات العقلية . أما إذا حدث أثناء الكهولة ظهرت أعراض حالة تسمى الوذمة المخاطية ، وتجلّى بغلظ الجلد وجفافه وسقوط أشعاره ونقص في الاستقلاب ودرجة الحرارة والمملكات العقلية ، كما يتجلّى بنقص في تواتر النبض الشرياني وفي القدرة على الكلام . وتنشفي هذه الحالة سريعاً بإعطاء الثيروكسين أو خلاصات الغدد الدرقية .

فرط نشاط الدوق : يزداد في هذه الحالة إفراز الثيروكسين فتظهر عوارض مماكسة لتلك التي ذكرناها آنفاً : ازدياد في الاستقلاب يتجلّى باسراع في ضربات القلب وحركات التنفس وازدياد في استهلاك الاوكسجين واطراح غاز الكربون والآزوت في نشاط الجهاز الهضمي ، كما يتجلّى بقلق نفسي عام . وهناك حالات من فرط النشاط

الدرق يظهر فيها بالإضافة إلى الأعراض السابقة جحوظ في العينين بسبب اندفاع مقلة العين إلى الأمام ، كما يظهر فيها رجفان في الأصابع وازدياد في سكر الدم (يتدرج حدوث بيلة سكرية) . وتعالج هذه الحالة التي تسمى السلعة الجحوظية باستئصال قسم من الدرق أو بإعطاء مادة الثيوراكيل .

أما السلعة البسيطة فهي حالة من ضخامة الدرق لا تترافق بأي عرض من أعراض القصور أو فرط النشاط ، وتنشأ غالباً بسبب نقص مادة اليود في الغذاء لذا تعالج بإعطاء الاملاح اليودية . وهناك ضخامات درقية موقفة تظهر أثناء البلوغ والطمث والحمل أو أثناء أي اضطراب تناسلي .

نظائر الدرق: وهي زوجان من الغديتين ، واحد في كل جانب ، تكاد تكون مدفونة في القسم الخلفي من الغدة الدرقية ، وليست لنظائر الدرق أية علاقة وظيفية مع الغدة الدرقية على الرغم من ارتباطها انتشاري معها . أما الحائة التي تفرزها فهي الباراترين التي تؤثر بصورة خاصة على كاسرات العظام فتزيد في نشاطها الذي يتجلى بتحريك أملاح الكلس ويقوم التعظم الطبيعي على اتزان بين تأثير هذا الحيمين وتأثير تلك الحائة وفرط نشاطها يؤدي إلى نقص في تكلس العظام التي تصبح هشة مشوهة معرضة للكسور العفوية ، كما يؤدي إلى ازدياد في كلس الدم ونقص مقابل في الفسفور وإلى طرحها مع البول (غالباً تتشكل حصيات كلوية) .

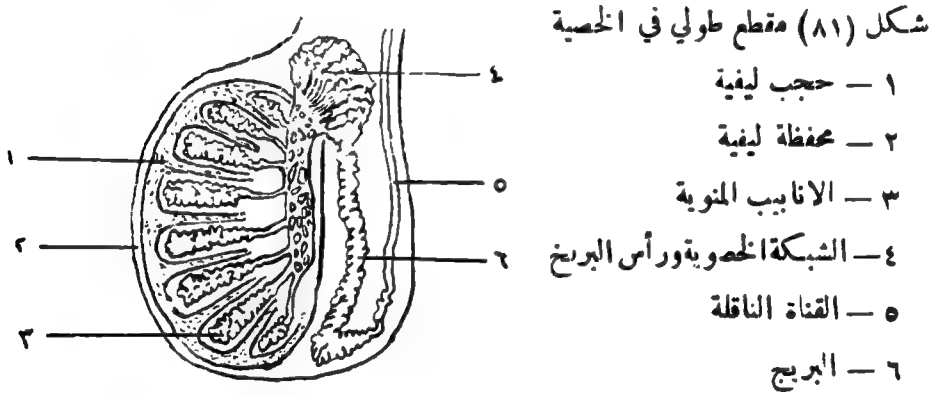
الغدة الجنسية أو التناسل

تختلف الغدة الجنسية في الإناث عنها في الذكور ، وهي غدد مزدوجة تؤثر على سلوك الفرد ونضوجه الجنسي . وهي في الذكور تسمى الخصية أما في الإناث فتسمى المبيض .
الخصيتان : وهما جسمان متناظران . تتدلى الخصيتان في كيس الصفن معلقين بواسطة الحبل المنوي . ولكل منهما ثلاثة لحف . وتتألف الخصية من فصيصات يحتوي كل منها على أنابيب دقيقة تتشكل فيها النطم . وتوجد بين هذه الأنابيب الدقيقة بعض الخلايا البشروية

المظهر التي تؤلف ما يعرف بالنسيج الخلالي . ويعتبر هذا النسيج الخلالي غدة صماء قائمة بذاتها تفرز حائل مذكرة خاصة بالخصية تسمى التستوستيرون .

تأثير الغدة النخامية على الخصية :

نلاحظ عند دراسة وظائف المناسل بأن هذه لا تتحكم بحرية في عملها ومصيرها للأسباب التالية : لا تتطور مناسل الحيوانات التي استؤصلت غدتها النخامية بل تضمر وينعدم نضج الأنطف والبيضات . وبالعكس فإن إعطاء خلاصات القصد الامامي للنخامية الى الحيوانات غير البالغة يسرع نضجها الجنسي . ويستنتج من هذا أن المناسل تقع تحت سيطرة مادة أو مواد تفرزها خلايا الغدة النخامية .



الحائل الملوتنة : وهي حائل خاصة بالاناث تبدأ بتشكيل الجسم الاصفر بعد الاباضة (خروج البيضة من المبيض) وتدفع الى افراز حائل أخرى تسمى البروجسترون سنتمرض لدراسنها فيما بعد .

فالبلوغ إذن في كل من الجنسين يتعلق بيده تكون الحائات الجنسية في النخامية وتنتمتع هذه الحائات بتأثير مزدوج : تأثير بنيوي تجعل نضج الاعراس ونمو الاعضاء التناسلية الملاحقة ، وتأثير نفسي عاطفي يوجه سلوك الفرد في أحد الاتجاهين الجنسيين .

الطائات المذكورة :

هي مواد كيميائية (طبيعية أو تركيبية) قادرة بعد حقنها على احداث التطور الجنسي وإظهار الصفات الجنسية الثانوية^(١) في الذكور غير البالغة أو الخفية (ويمتبر التستوسترون أهم حائة فيها إذ يحدث تأثيرات مختلفة نجلها فيما يلي :

أ — نمو الاعضاء المذكورة الملحقه التي أتينا على ذكرها وهي القضيب والموثة والقناة الدافقة والحويصلات المنوية والصفن .

ب — تطور الصفات الجنسية الثانوية في الذكر ، البدنية منها والنفسية .

الصفات البدنية : نقص سعة الحوض الذي يظهر بجلاء عند مقارنته بحوض الانثى ، خشونة الصوت ، ثم التوزع الخاص للاشمار والغدد الدهنية والمخدرات الدسمة تحت الجلد .

الصفات النفسية : وهي التي يعبر عنها بأنها السلوك المذكر الذي يميز الفرد الذكر عن الانثى .

ج — التأثيرات الاستقلالية وهي زيادة النمو وازدياد طول العظام قبل تكلس غضاريف الاتصال ، وكذلك زيادة نمو العضلات ووزن الجسم . غير أن بقية الغدد الاخرى تشترك على الاغلب في احداث هذه التأثيرات .

التستوستيرون :

هو الحائة الخاصة التي تفرزها الخلايا الخلالية في الخصية وهو المسؤول في الشخص الطبيعي عن التأثيرات التي أتينا على ذكرها وتسيطر حائات الغدة النخامية على افرازه إذ

(١) يقصد بالصفات الجنسية الثانوية في كل من الجنسين الصفات التي يكتسبها الفرد بعد البلوغ والتي تتأثر باستئصال المناسل ، إذ تضمحل بعد هذا الاستئصال الاعضاء الملحقه وتغيب الصفات الظاهرية التي تميز الجنسين عن بعضها . أما الصفات الجنسية الاولى فيقصد بها تكون المناسل .

لاشك أن هناك تأثيرات متبادلة بينه وبين هذه الحاثات . يفرغ التستوستيرون مع البول بشكل مركبات ضعيفة التأثير .

المبيضان :

المبيضان جسمان مزدوجان يقع كل منهما بجانب الرحم وراء الرباط المريض الذي يثبت الرحم ، وتغطي كل مبيض طبقة من الخلايا المكعبة تعرف بالظهارة المنتشة التي يرتد لهايا منشأ البويضات . ويكون المبيض بعد الولادة محشو بحويصلات مختلفة الحجم يحوز عددها الخمسين ألفاً ويطلق عليها اسم الجريبات المبيضية .

ينمو بعض هذه الجريبات ثم ينفجر وبانفجاره تتحرر البويضات الناضجة . تسمى الحادثة هذه الاباضة ، وهي تتكرر بصورة متلاحقة بفاصلة تقرب من أربعة أسابيع . ولا تنمو الجريبات جميعها دفعة واحدة بل ينمو جريب واحد أو جريبان في الشهر .

تبدأ أولى حوادث الاباضة منذ زمن البلوغ وتستمر حتى أواخر العقد الرابع تقريباً . فيبلغ بذلك عدد الجريبات التي انفجرت نحواً من خمسمائة جريب ، أما العدد الكبير الباقي من الجريبات الذي كان موجوداً في المبيض منذ الولادة فإنه يعاني تلفاً حثولياً . وتكون الجريبات في المبيض قريبة من السطح الخارجي في منطقة تعرف بقشرة المبيض . ويتألف الجريب في البدء من الببيضة تحيط بها طبقات من الخلايا الجرابية وتغلف الجميع طبقتان من الخلايا (الباطنة منها خلوية وعائية والظاهرة ليفية) . وعند بدء النمو يحتفر الجريب بحوف عملىء بسائل جرابي لا يلبث أن يتزايد حتى تحدث الاباضة فينطلق دافعاً معه الببيضة الناضجة .

وبعد انطلاق الببيضة يستمر الجريب في نموه مكوناً جسماً غدياً مصفراً هو الجسم الاصفر الذي يضمحل سريعاً إذا لم يحدث الاقلاح ، بينما يستمر عمله عدة شهور إذا تلقحت الببيضة وحدث الحمل .

تفرز خلايا الجريبات المنفجرة حائمة تسمى الاستراديول بينما يفرز الجسم الاصفر حائمة

أخرى تماكسها في التأثير يسمى البروجسترون وتسيطر الغدة النخامية بنشاطها الدوري على كل من الحاتين .

الحاثات المبيضية :

يعتبر للحاثات المبيضية نوعان : يضم الأول المواد الاستروجينية والتي ذكرنا منها الاستراديول ، ويضم الثاني البروجسترون ومشتقاته . ويعمل هذان النوعان من الحاثات بصورة متناسقة على الرغم من تماكسها بالتأثير . وقد أمكن في الوقت الحاضر صنع كثير منها بطريقة التركيب .

آ - المواد الاستروجينية :

هي المواد التي تفرزها خلايا الجريب المبيضي والتي توجد بكثرة في السائل الجرابي . وقد اكتشفت منها ثلاثة حاثات هي : الاستراديول والاسترون والستريول ، وتمتاز الحاثات الأولى بشدة التأثير . وتعمل هذه الحاثات في عضلة الرحم فتزيد مقويتها وتبب فيها تقلصات متكررة قليلة السعة . أما في الرحم الحاملة فهي تزيد في تحسس العضلة الرحمية نحو حاثات خاصة (حاثات الوضع) تفرزها خلايا الفص الخلفي للنخامة .

ب - البروجسترون :

هو حاثات تفرزها خلايا الجسم الأصفر ووظيفتها تهيئة غشاء الرحم المخاطي لقبول الببيضة الملقحة وتمشيشها فيه . فإذا حدث الالتحاق استمر الجسم الأصفر في إفراز هذه الحاثات فيتكون نتيجة لذلك عضو جديد يستقر في جدار الرحم يسمى المشيمة وظيفته تثبيت الجنين في الرحم وتأمين الاتصال بين جهاز الدوران في الأم وجهاز الدوران في الجنين كما يقوم بإفراز البروجسترون خلال الأشهر الأخيرة من الحمل بعد توقف الجسم الأصفر واضمحلاله ومن الضروري أن نعود فنؤكد هنا تناسق الهرمونات المبيضية في عملها إذ عليها أن توقف جميع الوظائف الجنسية من إباضة وطمث وحمل ووضع وإرضاع .

وحدة العضوية وتناسقها

ليس البدن مجموعة من الاعضاء يقوم كل منها بوظيفته الخاصة بمعزل عن الاعضاء الأخرى ، بل هو وحدة فيزيولوجية تكافل فيها الوظائف المختلفة وتتناسق . وتدل على هذا التكافل والتناسق أمثلة عديدة منها .

١ — وجود ارتباط بين الجملة العصبية والحائات ينسق أعمال الاعضاء المختلفة ، وقد أسهبنا في وصفه في إبحائه الخاصة .

٢ — وجود وسط مشترك تعيش فيه سائر الخلايا التي تؤلف البدن ، وهذا الوسط هو الدم والبلغم (الوسط الداخلي) .

٣ — وجود جهاز دفاع مشترك يدافع به البدن عن نفسه ، وقد ورد ذكر ذلك في أبحاث السنين الماضية (المناعة ووسائلها المختلفة) .



الوراثة

دراسة الوراثة التجريبية

للوراثة شأن كبير في انتقال صفات الوالدين الى الاولاد . ويمزى انيها عادة التشابه بالصفات الخلقية وبالميزات النفسية والمقلية بين افراد الاسرة الواحدة والوراثه سنة تخضع لها الحيوانات والنباتات ، إذ أن انتقال الصفات من السلف الى الخلف أو غياب بعضها في الخلف ثم رجوعها في الاحفاد لا يكون اعتباطاً بل هو مقيد بقواعد ثابتة تبصر فيها العلماء الاحيائيون فأماطوا اللثام عن جملة من تنقل بمقتضاها الصفات عامة من الاسلاف الى الاخلاف .

وقد قام العالمان نودان (نباتي افرنسي) ومندل (راهب نمسوي) كل بمفرده بتجارب واختبارات عديدة اجريها في النبات والحيوان فكشفا عن قوانين ثابتة في الوراثة والتخليط .

ويجب في دراسة الوراثة تجريبياً استعمال افراد صافيه النوع بينها تشابه ظاهر إذا تزوجت اعقت أنسالا مشابهة للابوين تمام الشبه . ويجب في دراسة النباتات ان تنتخب برة جيدة النوع تغلف متى ظهرت ازهارها بقطع من الغري (الشاش) لحافظتها من غبار الطلع الاجنبي الذي قد يحملها الهواء ، ويتبدأ عادة بدراسة تخطيط مردين لا يختلفان عن بعضها بعضاً إلا اختلافاً بسيطاً في الصفات الظاهرية كاختلاف اللون أو طول الاجنحة أو طول الاشعار الخ فإذا كان النوعان (الذكر والانثى) لا يختلفان إلا بصفة واحدة (زهرة حمراء وزهرة بيضاء) دعي هذا الاختلاف النغولة المنفردة ، وإذا كان الاختلاف بصفتين دعيت الحالة بالنغولة الثنائية . وإذا كان الاختلاف بصفات ثلاث أو أكثر دعيت الحالة بالنغولة المركبة .

النفولة المفردة

ولها نمطان : النمط المتوسط ونمط الرجحان .

أ — النمط المتوسط: لنبات شب الليل نوعان من الازهار : ازهار حمر وازهار بيض وما عدا هذا الاختلاف باللون فان النوعين متشابهان تماماً في باقي الصفات ، فاذا وضعنا غبار طلع الازهار البيضاء على سمات الازهار الحمراء وحصل الالتاح حصلنا على بزور إذا زرعناها فتحت عن ازهار لونها وردي أي بلون متوسط بين الابوين (النبت الاول) . وإذا لقحنا بعد ذلك كل زهرة من ازهار النبت الاول بغبار طلعا الخاص حصلنا على نسل ثلث بمض ازهاره حمر وبمضا وردي وبمضا ابيض وذلك بنسبة ثابتة (النبت الثاني).

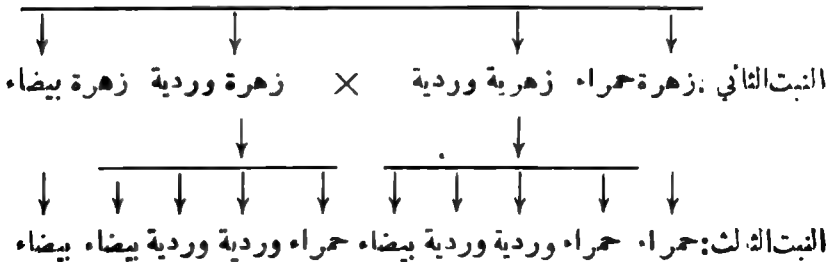
٢٥ ٪ ازهار حمراء ٥٠ ٪ ازهاره وردية ٢٥ ٪ ازهار بيضاء

وإذا تابعنا التلقيح الذاتي (أي تلقيح كل زهرة بغبار طلعا الخاص) نجد ان الازهار الحمر لا تنتج إلا ازهاراً حمراً وان الازهار البيضاء لا تنتج إلا ازهاراً بيضاء وهذا مما يدل على انها قد ورثت الصفات الاصلية من الابوين . أما الازهار الوردية اللون فتنتج ازهاراً على ثلاثة أنواع : ربعها أحمر وربعها أبيض والنصف وردي اللون (النبت الثالث) وهكذا مما تابعنا التلقيح فان الازهار الحمر والازهار البيضاء تظل محافظة على لونها أما الازهار الوردية فتنتج الانواع الثلاثة بالنسبة المعينة السابقة .

زهرة حمراء × زهرة بيضاء = زهرة وردية

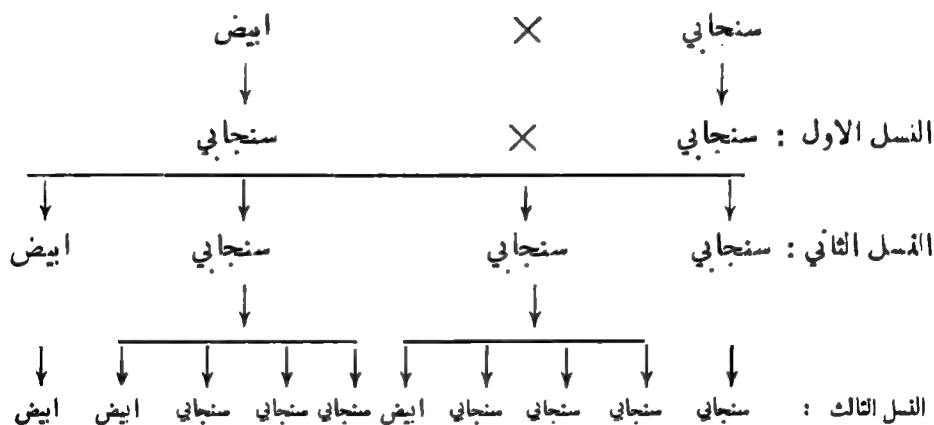
زهرة وردية × زهرة وردية

النبت الاول :



نمط الرجحان : ونختار عنه مثالا في الحيوانات : إذا زواجنا فأرين (ذكر وأنتى)
 احدهما سنجابي والآخر أبيض حصلنا في النسل الاول على ادراس (صغار الفئران) كلها
 سنجابية نرى من هذا المثال أن اللون الأبيض غاب تماماً في النسل الاول فكأن اللون
 السنجابي قد تغلب على اللون الأبيض وجعله مقنماً لذلك تسمى الصفة الاولى السنجابية
 الصفة الغالبة وتسمى الصفة اثنائية البيضاء الصفة المقهورة .

وإذا تابعنا التزاوج نحصل في النسل الثاني على ادراس ثلاثة ارباعها سنجابية وربعها
 ابيض . ومن دراسة الانسال المتعاقبة نتأكد أن الفئران البيضاء لا تلد إلا فئراناً بيضاً فهي
 إذن من نوع صاف ، أما الفئران السنجابية فقسم منها بولد فئراناً سنجابية فقط وهو نوع
 صاف والباقى يلد انسالاً مختلطة من النوعين الأبيض والسنجابي بالنسبة المعينة السابقة .



لنرمز الآن إلى الأبوين الاواين بحرفي س (سنجابي) و ب (ابيض) فتكون افراد النسل
 الاول حاملة لصفة س و ب معاً (لان الخلية في كل مخلوق تنشأ من اجتماع نصفي خليتين
 نصف يحمل صفات الاب ونصف يحمل صفات الام) . وبما أن صفة ب مقهورة فلا تظهر في
 أفراد النسل الاول إلا الصفة س .

أما أفراد النسل الثاني فربما يحمل صفتي س و س ونصفها يحمل س و ب والربع
 الاخير يحمل ب و ب .

ذكر	انثى
س	ب
س ب	ب س
س س •	ب س •
↓	↓
س • س	ب • ب

أما (س س) و (ب ب) فهما من نوع صاف وبسميان بالموحدات المتجانسة وأما (س ب) و (ب س) فهما مختلطان وفيها صفة غالبية وصفة مقبورة وبسميان بالموحدات المتخالفة .

ان هذه الامثلة السابقة هي تحقيق لما درسه مادل في تجاربه على البسلة واثبات للقوانين التي استنتجها في الوراثة والتخليط وها هي تلك القوانين .

قوانين مادل : اذا تلاقح نوعان (ذكر وانثى) مختلفان بصفة واحدة نتج ما يلي :

١ — أفراد النسل الاول كلها متشابهة بالصفات .

٢ — اذا تلاقح أفراد النسل الاول اعقبوا نسلاً ثانياً أفرادهم مختلفة الصفات تظهر بينها صفات الابوين الاصليين .

٣ — تكون أفراد النسل الثاني على ثلاثة أنواع ويكون عدد كل نوع منها تابعا لنسبة معينة ثابتة هي : ٢٥ ٪ من النوع الصافي المشابهة للاب الاصلي .
 ٢٥ ٪ " " " " للأم الاصلية .

٥٠ ٪ من نوع مختلط افرادهم مشابهة لأفراد النسل الاول تعقب انسالاً تتبع النسب السابقة .

النفولة الثنائية

في هذه النفولة يختلف الفردان المتلاصقان عن بعضهما بزواج من الصفات واحسن مثال يذكر هنا تجربة العالم الاميركي (مونغان) على ذباب الفواكه المسمى دروزوفيل . اتى هذا

العالم بذبابة اجنحتها طويلة (ط) وجسمها سنجابي (س) وزاوجها مع ذبابة اجنحتها صغيرة (ق) وجسمها أسود (د) فكانت النتيجة ان ظهرت في النسل الاول ذبابات اجنحتها طويلة (ط) وجسمها سنجابي (س) أي أن ط و س كانتا صفتين غالبتين .

أما في النسل الثاني فقد ظهرت ذبابات على أربعة أنواع متميزة بحسب النسب الآتية :
في كل ١٦ ذبابة نجد :

٩ طويلة الجناح سنجابية (ط س)

٣ قصيرة الجناح سنجابية (ق س)

٣ طويلة الجناح سوداء (ط د)

١ قصيرة الجناح سوداء (ق د)

نستنتج من هذا المثال قواعد النفولة الثنائية وهي :

١ — أفراد نتاج النسل الاول متشابهة .

٢ — أفراد نتاج النسل الثاني متخالفة الصفات ونرى فيها كل الاحوال الممكنة لاختلاط

الصفتين المنتخبتين على ان صفات الابوين الاصليين تعود للظهور في بعض الافراد .

وبين الجدول الآتي كيفية انتقال الصفات إلى أفراد النسلين الاول والثاني بوضوح :
العروسان المتزاوجان .

ذكر = ه ← انتهى = +*

النسل الاول : ط س × ق د

الاعراس الذكور من الاول

النسل الثاني :

ط س ق س ط د ق د				ط س ق س ط د ق د	} الاعراس الاناث
ط س	ق س	ط د	ق د		
ط س	ط س	ط س	ط س		
ط س	ق س	ط د	ق د		
ق س	ق س	ق س	ق س		
ط س	ق س	ط د	ق د		
ط د	ط د	ط د	ط د		
ط س	ق س	ط د	ق د		
ق د	ق د	ق د	ق د		

النفولة المركبة

كلما زاد الاختلاف في عدد الصفات تمعدت النتائج وحصلنا على انسال مختلفة التركيب ففي النفولة الثلاثية مثلاً نحصل في النتائج الثاني على ٦٤ تركيا منها واحد فقط يشبه جدته . وفي النفولة الرباعية ينتج ٢٦٥ تركيا موزعين على ستة عشر مظهر مختلف منها واحد يشابه الاب وواحد يشابه الام . وكلما زاد عدد الصفات صعب الاختبار وعاد ظهور نسل مماثل للاصل نادراً ولما كانت صفات الانسان كثيرة كان الزوع فيها الى الاصل نادراً ايضاً فيمكن للولد أن يشابه اياه وينزع الى أمه في كثير من الصفات ولكنه لا يكون مثل احدهما تماماً .

تعديل قوانين ماندل بنظرية الصبغيات

يرث كل فرد من أفراد النسل الاول صفات الابوين ابتغارة . الا أنه لا تظهر في الانسان هذه الصفات الا ما كان متغلباً وتبقى بعض الصفات كامنة مقنعة لتظهر في بعض أفراد النسل الثاني ولتعليل ما ذكره علماء الى وضع فرضيات ظن اقرها للصحة نظرية الصبغيات فقد ثبت بالتدقيق بالجواهر العظمية التكبير أن في نوى الخلايا سلاسل من الجسيمات تدعى الصبغيات وعدد هذه الجسيمات في الخلايا التناسلية لكل من الانواع ثابت وكذلك شكلها . ففي بيضة المرأة يبلغ عددها ٤٨ وعددها في الخلية المولدة للحوين المنوي ٤٧ .

وان من أهم ما يحدث عند نضج الخلية التناسلية لتصبح صالحة للالتحاق هو انقسام صبغياتها انقساماً مباشراً يصبح به عدد الصبغيات نصف العدد السابق . وقد سمي ذلك الاختزال المروي حتى إذا تلاقح النصفان (الذكر والانثى) حدثت منها البيضة التي تحوي عدداً تاماً من المرى الصبغية وقد دلت الاختبارات التي اجريت في ذباب الفواكه ان لهذه الحشرة ثمانى مرى صبغية ، وان سناً من هذه المرى تحمل الصفات والاثنين الباقيتين تختلفان في الذكر عنها في الانثى وهما المروتان الجنسيتان .

فاذا زواجنا ذبابتين (دروزيفيل) من لون واحد احدهما ذات أجنحة طويلة (ط) والاخرى ذات أجنحة قصيرة (ق) . (اختبار النفولة الوحيدة) فان احدى المرى الست المختصة بحمل الصفات تحمل الصفة (ط) في احدى الذبابتين ، واحدى المرى في الذبابة

الثانية تحمل الصفة (ق) والبيضة الناتجة من تلاقيها تحمل الصفتين معاً على ان العروة(ط)
تتبع العروة (ق) .

وتصطف الصبغيات حين الاقسام صفيين متقابلين فاذا حصل التزاوج تتقابل الصبغيات
الحاملة للصفات مصطفة امام بعضها بعضاً كسلسلتين متقابلتين . فمن دراسة هذا التقابل
في المرى يتضح لنا كيف يحدث التقلب والكمون في الصفات ويتضح لنا ايضاً توارث
الحالات المرضية الوراثية أو الصفات غير المعتادة اذ أن أقل ما يخل في تركيب أحد الصبغيات
يجعل الصفة المريضة تورث إلى الولد إذا لم يسترها صبغي صحيح من الزوج الآخر (حسب
قانون الرحمان) وهذا ما ايدته التجارب فعلياً في ذباب الفواكه : فلون العين الطبيعي في
ذباب الفواكه هو الاحمر فاذا حدث تغير ما في الصبغي الثاني صارت العين ارجوانية أو
قرمزية . وإذا زوجنا مثلاً ذباباً قرمزي العينين مع ذباب أعمى نتج نسل قرمزي العينين
وذلك لتقلب احدى الصفتين أي أن العروة السليمة ستورث العروة المريضة فجعلناها كلنة .

إن هذه النظرية التي عللت قوانين الوراثة أحسن تعليل أعطيت المقام الاول بين سائر
النظريات نظراً لتوافقها مع النتائج العملية ونظراً لما جني من تطبيقاتها من اصلاح النسل سواء
في الحيوان أو في النبات باستحصال انواع جديدة تخفي عيوب اسلافها .



الاحقاب الجيولوجية

تمكنتنا قواعد علم الجيولوجيا وطرائفه من تعيين العمر النسبي للصخور ، أي معرفة القديم منها والحديث ، لكنها لا تستطيع تقدير العمر المطلق لها ، فهي نجهد متى بدأ تشكل الطبقات المختلفة من الصخور وبالتالي مدى الازمنة الجيولوجية . ونكتفي بالقول أن امد هذه الازمنة طويل جداً يقدر بملايين السنين . وقد طرأت على الارض خلال هذا العمر المديد ، أحداث عظيمة ، غيرت أشكال البحار والقارات ، وموضع سلاسل الجبال ، كما تغيرت طبيعة الطبقة الجوية التي تحيط بها . وانتشرت خلال ذلك فئات حيوانية ونباتية كان لبعضها في الازمنة السالفة ازدهار لا نظير له . كما انطفأت فئات أخرى مخفية أو تاركة بقايا مستحاثية تدل على وجودها السابق . وآ- مع سائر تلك الاحداث بنقسم الازمنة الجيولوجية إلى أحقاب هي : الحقب الابتدائي ، والاول ، والثاني ، والثالث ، والرابع . وقد دام كل منها عدة ملايين من السنين . ويفكر علماء طبقات الارض أنه إذا مثلنا برقم (١) نحن الاراضي الرابعة أو مدة الحقب الرابع فيجب أن تمثل برقم (٢٠) مدة الحقب الثالث و بـ (٣٠) مدة الثاني و بـ (١٥٠) مدة الاول . ويظن أن الحقب الابتدائي قد دام مدة تطابق مجموع تلك الارقام .

المستحاثات :

تعرف المستحاثات بأنها كل مظهر للحياة حفظ بصورة طبيعية في أراضي نهبق المهد الحاضر . وتحفظ المستحاثات في الاراضي الرسوية فقط حين يتم انطوارها بسرعة وبعمزل عن الهواء والرطوبة . وفي هذه الشروط لا يمكن أن تبقى في الحالة العامة ، إلا الاجزاء الصلبة الهيكلية . والحيوان قد لا يترك إلا بصمة في أرض ما . فقوامة مستحاثات قد تنحل

فيبقى لنا منها في بعض الاحيان قالبها وكذلك آثار الاقدام على الرمل قد استطاعت أن تبقى نتيجة لتصلب وتغطية رسوبية سريعة .

لكن المستندات المستحاثية لاتزال تعاني نقصاً وأسباب عدم استكمالها متعددة : كضرورة الانظار في الارض الرسوبية ، وصعوبة حفظ الاجزاء الرخوة ، ونحرب المستحاثات وتلفها بنتيجة اضطراب القشرة الارضية ، وعدم كفاية أو استحالة تحري الطبقات الجيولوجية ، ومما يكن من أمر فان علم المستحاثات غني جداً بوقائع أمور ذات قيمة عالية .

الحقب الابتدائي ومستحاثاته

ترجع سائر الصخور الرسوبية المتوضعة حالياً في البحار القديمة الى الحقب الابتدائي . أما الاحياء التي عاشت في ذلك الحقب فلم نترك أثراً من المستحاثات ، والبقايا الحيوانية والنباتية التي ظهرت في أراضي هذا الحقب ضئيلة ولا تعطينا فكرة واضحة عن الانواع الحية آنذاك . ذلك لانه طراً على روبات تلك الاراضي تبللر جديد تحت تأثير الحرارة المركزية والضغط فكان من نتيجة ذلك أن مخربت مستحاثاتها وأبيدت .

الحقب الاول ومستحاثاته

١ — اراضيه ومناخه : تبلغ سماكة الاراضي الاولى بمجموعها حوالي ٣٠٠٠٠ م مما يدل على مدة هذا الحقب . وقد قسم الى خمسة ادوار :

آ — الدور الكمبرياني ب — الدور السيلوري — الدور الديفوني د — الدور الفحمي هـ — الدور البرمي . وكان المناخ حاراً نسبياً ومتشابهاً على سطح الارض ، ولم تكن الفصول قد تميزت تماماً . أما في نهاية هذا الحقب فقد ساد نصف الكرة الشمالي منها مناخ صحراوي جاف جداً ، بينما كان رطباً بارداً في خط الاستواء والنصف الجنوبي من الكرة الارضية .

حيواناته :

إن أقدم المستحاثات التي يمكن تبينها ومعرفتها منذ بدء الحقب الاول هي بقايا الحيوانات. إذ كانت وحيدات الخلية وعديمت الفقر وافرة العدد متعددة الاشكال . وقد انطلقت منها صفوف بكاملها . وكان يمثل الحياة آنذاك رتب الاسفنجيات ومماثلة الجوف وشائكات الجلد والديدان والرخويات والمفصليات .

وأشهر مستحاثاته :

ثلاثية الفصوص : وقد كانت حيوانات مفصلية بحرية صغيرة يتألف جسمها من ثلاثه أقسام عرضية في الرأس والصدر والبطن كما كانت تنقسم الى ثلاثة فصوص طولانية ويخصص الحقب الاول بوجودها إذ أنها لم توجد بعد ذلك أبداً ولذلك نعت الحقب الاول بحقب ثلاثية الفصوص .

— وقد رافق هذه الاحياء النوتي ، وهو من الرخويات رأسيات الارجل ولا يزال يعيش النوتي حالياً في المحيط الهندي .

— وعاشت في ذلك الحقب صنوف متعددة من الحشرات ذوات التحولات الشكلية الناقصة. وقد ظهرت الاشكال الاولية من الفقريات كالحبليات والقمبصيات . وظهرت الاسماك المدرعة ذات الاشكال الغريبة ، ثم اختفى معظمها وحلت محلها أسماك غضروفية الهيكل .

— واستوطنت الضفادع المستنقعات الواسعة في أواخر ذلك الحقب وكانت سمادل مذنبه أشهرها الاكتينودون .

— أما الطيور والثدييات فلم تكن قد ظهرت حينذاك على الاطلاق .

٢ — نباتاته : عاشت منذ مطلع ذلك الحقب الجراثيم والفطور والاشنيات والطحالب وامتاز النصف الثاني منه بظهور خفيات الالقاح الوعائية ، أما في أواخره فقد انتشرت ظاهرة الالقاح عريانة البذور . لكن مستورة البذور لم تكن موجودة آنذاك .

ومن خفيات الالقاح الوعائية نذكر :

— السراخس التي كانت شجرية قوية الجذوع ، وكان بعضها عشياً .

— أذئاب الخيل وكانت ترتفع ٢٠ — ٣٠ م وأشهرها القصية .

— أرجل الذئب وكانت شجرية هائلة أشهرها سيجيلاريا .

أما من ظاهرات الالتاح عريانة البذور فقد انتشر السرخس البذري : وهي نباتات لها مظهر وأوراق السراخس لكن تكاثرها يتم بالأزهار ، وكانت أزهارها وحيدة الجنس ، وقد عثر على بذورها ولولا وجود تلك البذور لما تميزت عن السرخس العادي .

الحقب الثاني ومستحاثاته

١ — أراضي ومناخه : يبلغ مجموع سماكة أراضيه ٥٠٠٠٠ م مما يدل على أنه لم يدل طويلاً وقد قسم الى ثلاثة أدوار :

أ — الدور الترياسي ، ب — الدور الجوارسي ، ج — الدور الحواري .

واستمر مناخ الحقب الاول في الترياسي ، أما بعد ذلك فقد تميزت منطقة قطبية شالية معتدلة المناخ ترعرت فيها الصنوبريات ، ومنطقة استوائية حارة نمت فيها الارصفة المرجانية ، ومنطقة قطبية جنوبية معتدلة ايضاً .

٢ — حيواناته : كانت البحار آهلة بوحيدات الخلية كالمدردعات والشعايات ، وقد سيطرت على بحر الحواري ، وكان المرجان يشيد أرسفته الطويلة وكانت شائكات الجلد تسكن الشواطئ وأشهر المستحاثات اللاقارية :

أ — النصلبات : وهي رخويات رأسيات الأرجل . ومع أن الاجزاء الرخوة من الحيوان لم تحفظ جيداً إلا أن البقايا القليلة من مستحاثاتها اشتق اسمها منه ، وقد تمددت أشكالها وحجومها وتزينت قواقعها . وفي نهاية هذا الحقب كانت النصلبات والامونيات قد انقرضت تماماً .

وأشهر المستحاثات الفقرية :

ب — الزواحف : بلغت الزواحف في هذا الحقب أوج انتشارها فطبعت الحقب الثاني

بطايعها الخاص بسبب وفرة عددها وشدة تنوعها وتغير أشكالها ، وكانت تملأ البحار والهواء والارض . لكن قوة الانتشار لم تكن إلا ناركش ، فقبل أن ينقضي الحقب الثاني انطفأت الزواحف الكبرى ولم تبق سوى الاشكال الحية التي تختلف عنها بشدة .

وتنطفئ الانواع تحت تأثير الوسط الذي يصبح مضرأ بها ، أما اختفاء عدة أنماط من الاحياء فلا يمكن أن يعزى إلا الى أسباب طبيعية :

فمن الزواحف السابحة : الايكتوسور ، وهو زاحف يلفت النظر لجمه صفات السمك والضب والحوت والتمساح وكان طوله ١٥ متراً .

الموزاسور : وله هيئة ثعبان بطول ١٠ م ولقمه أسنان حادة متعددة تدل على أنه كان لاحماً .

ومن الزواحف البرية : زمرة (الدينوسور) وهي أشهر وأقوى وأغرب الزواحف واليه تنسب أنواع ضخمة يصل ارتفاع بعضها الى خمسة أمتار وطولها بين ١٠ — ٢٥ م . وكان الديلودوكس وزن ٢٥ طناً وله رأس كبير يحمله عنق طويل ولاطرافه القصيرة القائمة خمس أصابع ذات مخالب ، وكان له ذنب كبير جداً ، ولا شك أن هذا الزاحف هو أضخم حيوان على الإطلاق عرفته الحياة على سطح الارض .

ومن الزواحف الطائرة : البتيروداكتيل (مجنح الاصابع) وكان بحجم الغراب طول رأسه يعادل نصف طول جسمه وكان جذعه صغيراً وذنبه قصيراً . وكانت أطرافه منتبهة خمس أصابع واحدة منها أطول من الجسم وتحمل غشاءً جناحياً يشبه جناح الخفاش .

ج - الطيور : بدأت بالظهور منذ منتصف الحقب الثاني لتحل محل الزواحف الطائرة واكثرها شهرة :

الاركيوبتيكس : وهو أقدم طائر عرفته الارض ، له حجم الغراب ويشبه رأسه رؤوس الطيور الحالية ، لكن فمه كان مجهزاً بأسنان ، وكانت نهاية جسمه ممتدة بذيل

طويل يكسوه الريش ، أما طرفاه الاماميان فالرغم من تحولها الى جناحين الا أن اصابعاً
فلاماً كانت صالحة لمسك الاشياء وذات مخالب .

وفي نهاية الحقب الثاني بدأت الطيور الخفيفة بالظهور وكانت تشبه الطيور الحالية بيد
أنها كانت مخنفة بالاسنان .

٢ - الثدييات : ظهرت الطلائع الثديية الاولى بأشكال ابتدائية صغيرة وكان معظمها
ينتسب الى الكيسيات .

٣ - نباتاته : فقدت خفيات الالاقح سيطرتها وحل محلها ظاهرات الالاقح عريانة
البذور منذ منتصف الحقب الثاني وقد عرف منها السيكاسيكات والصنوبريات والسرور
وأشباهاها وهي لا تزال الى اليوم .

وفي نهاية ذلك الحقب بدأت مظلة البذور بالظهور تدريجياً . والى ذلك العهد البعيد
يمود الخيزران والنخيل والكسنة والحور .

الحقب الثالث ومستحاثاته

١ - اراضيه ومناخه : تبلغ سماكة مجموع اراضيه في العالم ٤٠٠٠٠ م فهو اذن
قصير الامد وقد قسم الى أربعة أدوار :

أ - الايوسين ، ب - الاوليفوسين ، ج - الميوسين ، د - البليوسين .

وقد شملت البرودة المنطقتين القطبيتين في هذا الحقب ، وامتدت بينها مناطق معتدلة
واسمه ومناطق استوائية ضيقة .

١ - حيواناته : بدأ العالم الحيواني يقترب كثيراً من حالته الراهنة ، فاخفت في
هذا الحقب التصليات والامونيات والزواحف البرية الضخمة والطارئة ، كما ظهرت
الطيور والثدييات .

فمن اللافقرات : كانت رأسيات الأرجل تميل الى الانقراض ولم يبق منها سوى
الاشكال الحالية ، وحل محلها معديات الأرجل كالحاوير واللمنات والحلزونات .

أما عن الفقرات : فقد أصبحت الاسماك والضفدعيات والزواحف والطيور شبيهة بالاشكال المعروفة حالياً .

وأما الثدييات : فقد بدأت بالسيطرة على الارض في كافة القارات ولذا بعد الحقب الثالث بحق حقب الثدييات ، فالاشكال الاولى الصغيرة التي كانت في أواخر الحقب الثاني نمت وتنوعت كما ظهرت ثدييات جديدة امتازت بجوافر أو بمخالب ، وقد تمت دراسات مفصلة لسلالات الحصان والفيل والمجترات والحيوانات اللاحمة .

٣ — ذواته : سيطرت ظاهرات الاقحاح مستورة البذور في هذا الحقب وكانت تشبه النباتات الحالية لكن توزيعها يخالف التوزيع المعروف . إذ كانت تنبت في الحوض الباريزي أشجار النخيل وجوز الهند والقار . ولكن منذ منتصف ذلك الحقب بدأت هذه الاشجار بالاختفاء تدريجياً والنزوح الى المناطق الاستوائية ، وحل محلها هناك أشجار ذات أوراق ساقطة ونجيليات ملأت المراعي الواسعة . وما أن انتهى هذا الحقب حتى زالت النباتات الاستوائية من أوروبا تماماً .

الحقب الرابع ومستحاثاته

١ — حيواناته : في هذا الحقب بعض حيوانات الحقب الثالث وبضاف اليها الانسان ، وقد انقرضت حيوانات كثيرة في مراحل متباعدة ، كما تغير توزيعها الجغرافي ، بحسب تغير المناخ . ومن الحيوانات المنقرضة :

الماموث : وهو فيل قديم بلغت قامته ٣ متراً وكان جلده سميكاً يكسوه صوف مبعثر وأشعار بلع طولها ٨٠ سم وكان له نابان لولبيان مقوفان نحو رأسه طول كل منها أربعة أمتار .

الابل القرن : وكان له قرنان مسطحان يمتد كل منهما مترين .

الطاو الكبير : وكان يبلغ طوله ثلاثة أمتار .

كما هاجر بعض الحيوانات شمالاً وبعضها جنوباً واستقرت حيوانات أخرى في مواضعها واستطاعت أن تكيف مع تغير المناخ ، كالحمار والحصان والثور والكلب ولكن بعضاً منها يسير حالياً نحو الانقراض ، كالزرافة والبيزون الأمريكي (بقر وحشي) .

الانسان : ان أراضي الحقب الاول والثاني وحتى الثالث لم تظهر إطلاقاً أي أثر لوجود الانسان فيها ، لكن وجوده أكيد منذ مطلع الحقب الرابع حيث تدل عليه بقايا عظامه والادوات والآلات التي صنعها . فقد عرف ان الانسان بدأ يقطع الاحجار ليصنع منها أدواته وذلك في عصر الحجر المقطوع ثم استطاع سقل الحجارة بالحك في عصر الحجر المصقول ثم عرف المعادن واستعملها كالنحاس والبرونز والحديد في عصر المعادن الذي انقضى عليه حوالي ٤٠٠٧ سنة ق . م ومع هذا العصر بدأ فجر التاريخ .

اجداد الانسان : من الثابت أن الانسان الحالي لايمت بأي صلة الى القرود الحالية بل ينتسب الى الثدييات من فئة البشريات . وتمتاز البشريات عن القرود الحالية بمخفقتها ومهارتها ونشاطها وبظن أنها كانت قليلة التسلق سريعة العدو . وكان لجد الانسان القديم والقرود مميزات وصفات مشتركة : كالقدرة على الانتصاب عمودياً وتركيب الدم وقابلية الاصابة ببعض الامراض السارية ، ووجود الانياب النامية الا أن جد الانسان القديم قد تميز بتطور ابهام القدم الذي تضخم وبضور العضلات التي كانت تمكنه من مقابلة الاصابع الاخرى .

الاولسترالوبيثيكوس : وهو أول شكل معروف لهؤلاء الاجداد وقد عثر عليه في الترانسفال ، وبظن أنه عاش قبل مليون سنة تقريباً وهو يملك صفات القرود والانسان معاً إلا أن شكل قحفه وأسنانه تبعده عن القرود وتقربه من البشريات وهو لم يستعمل اية أداة كما لم يكن يعرف النطق ومع ذلك فقد كان ذكاؤه يفوق ذكاء القرود الحالية .

القرود البشرية : وظهر منذ نصف مليون سنة تقريباً في جاوا والصين وافريقيا .

وكانت قامته قصيرة وجسمه ضخيم قوي وتلافيف مخه تشبه تلافيف مخ الانسان
الحالي لكنه لم يكن يحسن النطق وقد مارس صناعة ابتدائية .

انسان النياندرتال : وقد ظهر منذ مائة الف سنة تقريباً وهو بظهوره يمثل مرحلة
انتقالية جديدة تماماً أو فرعاً جانبياً من الاصل ، وقد دلت على وجوده بقايا كثيرة من قحف
وعظام وحتى هيكل كامل ، وقد وصف هذا الانسان بالصفات التالية : قامته قصيرة وجسمه
ضخم وساقاه قصيران ، قحفه متطاوول وجبهته مائلة الى الوراء تبرز لها قوس حاجبية
كاملة ، وكان الانف كبيراً وعريضاً والفك السفلي متيناً عديم الذقن ، وكان ابهام رجله
بعيداً عن الاصابع الاخرى ، وكان يحسن مسك الاشياء بقدمه ويحيد التسلق وقد سكن
الكهوف والمغاور ومارس الصيد واستخدام الصوان المقطوع ، وكان قليل الذكاء لا يملك
قدرة على التكلم لكن بصره كان حاداً .

ومعظم هذه الصفات لا تزال موجودة حالياً عند الاسكيمو والاستراليين ومع ذلك
هذا لا يعني أنهم من سلالة . وقد عثر في فلسطين على هيكل عظمي لانسان من نوع
نياندرتال .

الانسان العاقل : كان منتصب القامة مرتفع الجبهة . نامي الذقن ، ضامر القوس
الحاجبية ، وقد ظهر قبل انسان نياندرتال والراجح أن الانسان الحالي ينتسب اليه وتمثله
أربعة عروق :

عرق انسان كريمالدي ، وعرق الانسان الكروماني ، وعرق الشانيسيلاند ، والمرق
ذو الرأس المستدير . وكان الانسان الكروماني يملك كل صفات الانسان الحالي فهو دائم
الانتصاب تبلغ قامته ١٨٥ سم ، قحفه متطاوول وقوسه الحاجبية قليلة التواء والوجنة بارزة
والذقن نامية وظاهرة ، والاطراف قوية . وقد استعمل الاحجار بشكل مكاشط وصبغيات
وابر مديية ، كما عرف النقش والحفر على العظم والخشب وأجاد الرسم والنحت ، وقد رسم

بالفحم وبالطين أشكال البيزون والماموت والرنة ، ويمثل الانسان الكروماني حالياً بقايا في اسبانيا وجزر كاناري .

ثم ظهر انسان الحجر المصقول في الشرق واجتاح أوروبا وعاش مع الانسان الكروماني وصنع من الصوان فأساً ذا مقبض من قرن أيل ، وألف الكلب وبعض الحيوانات المفيدة ، ثم زرع القمح والشمير والكتان ، وصنع القدر الفخارية والأقشة الخشنة وبنى منازل خشبية فوق الماء وغرفاً حجرية على الأرض لدفن موتاه .

* * *

تطور المخلوقات الحية

مبدأ الجنس أو نظرية الجنس

ينقل كل كائن حي صفاته وسماته الى أنساله ، وتدعى الصفات المنتقلة الصفات الارثية ، وهكذا يكون الافراد الذين تناسلوا من أب واحد وأم واحدة متشابهين ببعض الصفات فيقال انهم من جنس واحد وقد عرف كوفية الجنس بأنه مجموعة من الافراد تناسلت وتحدت من أبوين مشتركين فتشابه اولادها ، وتنقل الصفات الارثية المميزة للجنس من جيل الى جيل .

نظرية ثبات الجنس : قبل العالمان (كوفية ولينة) بلبات الجنس وباستقلال الاجناس بعضها عن البعض فقال العالم لينة أنه يوجد على وجه الارض عدد من الاجناس مساو للعدد خلق عليه منذ بدء التكوين ، فيكون هكذا كل جنس خلقاً وحده لا يتبدل ولا يتغير خلال الاجيال ! ثم تأثر العالم كوفية بالتجدد المستمر الطارئ على الاجناس وبالتحسن التدريجي البادي على افراد الجنس الواحد خلال المصور الجيولوجية فوضع نظرية الثورة الارضية ، وتقول هذه النظرية بمحدوث اعصار في نهاية كل عصر من المصور الجيولوجية يفني الكائنات الحية الموجودة في منطقة ما من سطح الكرة وتتجدد الحياة بعد ذلك في هذه المنطقة إما بهجرة حيوانات من المناطق الاخرى اليها او بظهور خلق جديد فيها . وهكذا اعتقد اورييني بتولي سبعة وعشرين عصرأ جيولوجياً بوافق كل عصر منها تجدداً في اجناس الحيوانات . ولا تستند نظرية ثبات الجنس الى أي برهان علمي قاطع فان الثورات الارضية ما وجدت ابداً (إلا طوفان نوح الذي حفظت فيه مع ذلك سائر الانواع الحيوانية والنباتية) ويمكن القول فقط أن تأثير الحوادث الجيولوجية تأثير بطيء تدريجي مستمر .

التبدل : أسس نظرية التحول لامارك وجوفروي وسانت هيلر وداروين وتسمى أيضاً نظرية التحول (التمرور) ، تماكس هذه النظرية ثبات الجنس فتقبل بتباين الاجناس وبتحول الاجناس التدريجي تحولاً من نوع الى نوع بالتوالد . وقد بينت الملاحظات المديدة وجود أنواع متوسطة بين جنسين مختلفين بصورة تصبح معها نظرية ثبات الجنس التي عرفها كوفية قليلة الوضوح فيكون الجنس اذا قضية نسبية .

الخلاصة : يمتد أنصار نظرية التطور بالحادثتين التاليتين :

١ — الاجناس ليست أزلية إنما ينشأ بعضها من بعض .

٢ — الحيوانات والنباتات تتبدل على مرور المصور وأن الحالة الحالية التي توجد عليها هذه الكائنات الحية هي نتيجة لتطور طويل المدة .

براهين نظرية التطور : أثبت وجود التطور بأثلة مستخرجة من دراسة المستحاثات دراسة التمرير المقارن وعلم تكون الجنين ومن التوزع الجغرافي للمخلوقات الحية وسندرس فيما يلي الامثلة المستخرجة من علم المستحاثات .

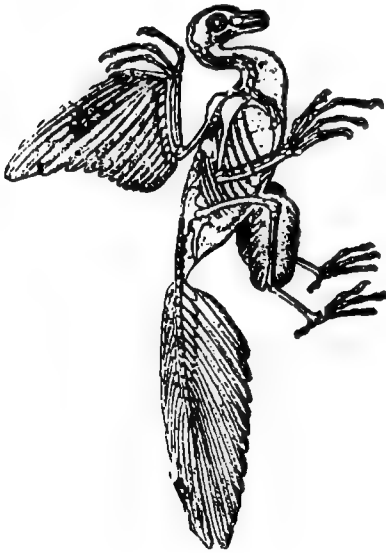
الامثلة المستخرجة من علم المستحاثات

تمكن هذا العلم من تحقيق نظرية التطور في الحيوان والنبات بفضل الاشكال الانتقالية المتوالية التي تبين وجودها المستحاثات . ومن الثابت توالي الحيوانات والنباتات بزمرو صفية تميز كل زمرة منها عنصراً خاصاً . ولندكر منذ الآن أن النموذج الابسط من كل زمرة الاقدم وأن النموذج الاعد هو الاحداث : مثلاً ظهرت الحشرات المتطورة أو ذات التطور التام بعد ظهور الحشرات ذات التطور الناقص التي ظهرت بعد ظهور الحشرات عديمة التطور . كما ظهرت الزواحف قبل الطيور والثدييات وظهرت الخيول ذات الاصابع الاربع قبل الخيول ذات الاصبع الواحدة والخنخ . كما ظهرت النباتات خفية الاقحاح قبل ظاهرة الاقحاح ، وظهرت عارية البزور منها قبل محفوظة البذور ، ولا يمكن لنظرية الخلق المتوالي أن تعمل هذا التدرج في الاختصاص والاكتمال ، بينما تعمل بسهولة نظرية التطور التدريجي في الجنس الواحد . ولندكر على ذلك بعض الامثلة من الفقرات : لانشاهد في الحقب الجيولوجي الاول ، سوى فقرات دنيا هي الاسماك الغضروفية . ولم تظهر الاسماك العظيمة

إلا في الحقب الثاني ، كما تظهر في نهاية الحقب الاول الضفادع التي تعد أبسط الفقريات البرية وهي التي تكون حلقة الاتصال بين الفقريات المائية والبرية ، واخيراً قنشاً في نهاية الحقب الجيولوجي الاول فئة الزواحف .

ظهور الطيور وتطورها : — ظهرت طلائع الطيور في أواسط الحقب الثاني واقدامها الجناح الاثري وهو بحجم الحمام وفي نهاية كل من طرفيه الامامين أربع اصابع مجهزة بمخالب . والاصابع حرة وعليها جناحان كجناحي الديك ، أما الطرفان الخلفيان ففي نهاية كل منها كما في الطيور أربع اصابع ، ثلاثة في الامام والرابعة في الخلف . والفكان مجهزان بأسنان مخروطية . ويمتد العمود الفقري الى الوراء مكوناً ذنباً طويلاً . ويعتبر هذا الحيوان ، بأسنانه واصابعه الامامية الحرة مع مخالبها وذنبه الطويل ، من فئة الزواحف ؛ ويعتبر بشكل جسمه وريشه وطرفيه الخلفيين من الطيور . فهو يمثل نموذجاً متوسطاً بين الزواحف والطيور واصلة من الزواحف .

وفي أواخر الحقب الثاني ظهرت طيور حقيقية في فكوكها اسنان نذكر منها الطائر



ابكتيورنيس وهو طائر له حجم الحمام قادر على الطيران ، والطائر اسبرونيس وهو طائر مائي ارتفاعه متر .

والطيور في الحقب الثالث كثيرة فقدت اسنانها واصبح لها ما للطيور من صفات .

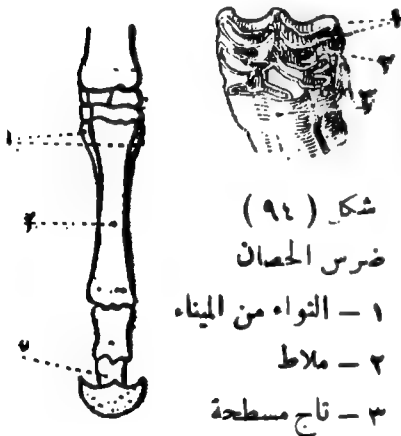
ظهور الثدييات وتطورها : ظهرت الحيوانات الثديية في الحقب الثاني ولم يكن منها سوى الكيسية والتي يحتمل ان تكون منحدره من زواحف الزمن الترياسي التي كانت لها قواطع وانياب واضراس أي ثلاثة أنواع من الاسنان كما هو الامر في الثدييات .

شكل (٩٣) الجناح الاثري

ويعتبر الحقب الثالث عصر الثدييات اذ فيه نمت وكثرت ، وافضل مثال بارز على نموها هو نمو الحصان .

اجداد الحصان - لقد ظهر الحصان في آخر الحقب الثالث (بليوسين) ومن المعلوم ان للحصان الحالي اصبع واحد مؤلفة من ثلاث سلاميات الاخيرة منها بشكل حافر وفوق الاصبع عظم ضخيم يدعى الوظيف ، وعلى جانبه رزتان عظيمتان (لبرتان) وللحصان في كل فك (١٢) ضرساً كبيرة و للتاج فيها التواءات صلبة من الميناء .

وفي أوائل الحقب الثالث (ايوسين) ظهر الحصان المعروف باسم فناقودوس وهو بحجم الضأن تنتهي كل رجل فيه بخمس اصابع مجهزة بحوافر صغيرة غير أن الاصبع الوسطي اكثرها نمواً . وبعد ذلك بقليل ظهر الحصان المسمى هيراقوتريوم . وهو بحجم الذئب وليس له سوى أربع أصابع في كل من قوائمه فتكون الاصبع الاولى قد انقرضت .



شكل (٩٤)

ضرس الحصان

١ - التواء من الميناء

٢ - ملاط

٣ - تاج مسطحة

ثم ظهر الحصان اوروهيوس وهو بحجم الثعلب وله ثلاث اصابع مع برزة بشكل الابرّة ثم ظهر بعده الميزوهيوس بثلاث اصابع في كل من قوائمه ثم الميوهيوس وكلاهما بقامة الضأن وفي اواسط الحقب الثالث (ميوسين) ظهر البروتوهيوس وله ثلاث اصابع اكبرها وأقواها الاصبع الوسطي أما الاصبعان الجانبيان فلا

تمسان الارض . وأخيراً ثم ظهر الحصان في آخر الحقب شكل (٩٥) طرف الحصان الثالث (بليوسين) ولم يبق له من الاصابع إلا الاصبع الوسطي . ١ - الارئان الجانبيتان وقد شوهدت هذه السلسلة من التحولات في نمو الحصان ، (المشطان ٢، ٤) في اميركا ، أما في أوروبا فقد وجدت السلسلة ناقصة بدون ٢ - الوظيف (المشط ٣) الفناقودس والهيراقوتريوم فظهرت على الشكل التالي : ٣ - الاصبع الثالثة



شكل (٩٧)
طرف الهيباريون
الامامي



شكل (٩٦)
طرف الباليو تيريوم
الامامي

ظهر الباليو تيريوم في أوائل الحقب الثالث
وكشفه كوفيه في (مونتاتر) وله ثلاث
اصابع مجهزة بحوافر وممتدة الى الارض .

وظهر الانكيتريوم في اواسط الحقب الثالث
وهو قريب جداً من الميزوهيبوس

ثم ظهر الهيباريون في أواخر الحقب الثالث
وهو مماثل للبروتوهيبوس .

المستحاثات النباتية

الحقب الاول : لم تصادف في الحقب الاول إلا بعض انطباعات لنباتات اشنية . وفي
الدور الفحمي حيث كان الاقليم حاراً رطباً ومتساوياً ، انتشرت النباتات الفحمية التي
جرفت المياه انقاضها وكونت منها الفحم الحجري (بتحللها بتأثير الجراثيم معزل عن الهواء)
ونذكر من هذه النباتات من خفيات الالفاح :

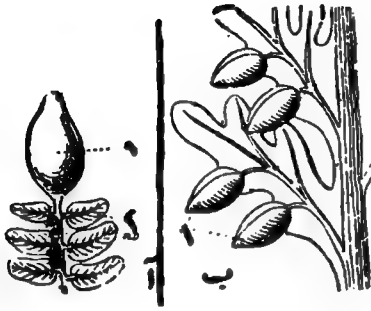
١ — السرخس والليدودندرون والسجلير وهي اشجار ضخمة عالية جداً لها سوق
ترابية وجذور وجذوع عليها ثدبات . ومنها الكلاميت التي يبلغ ارتفاعها ٣٠ متراً وسوقها
مجوقة ومخططة .

٢ — السراخس ذات البزور كالنباتات المعروفة باسم نوروبتريس ويسكوبتريس وهي
كالسراخس إلا انهم وجدوا على بعض أوراقها اكياساً طلعية وعلى البعض الآخر يبيضات
وبزوراً ، وهي نباتات دنيا تعتبر وسطاً بين خفيات اللواقع وبادياتها .

٣ — عريانات البدور : ومنها النباتات المعروفة باسم كوردثيت وهي اشجار كبيرة
بعلو ٢٠ ٥٠ متراً . والصنوبريات .

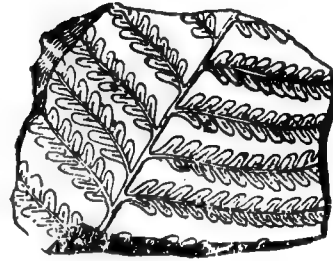
الخلاصة : لا يحتوي الحقب الاول إلا على خفيات لواقح وعائية وعريانات بذورو سراحس ذات بذور ولم تكن فيه مستورات بذور فقط .

الحقب الثاني : اختفت في القسم الاول من العصر الثاني النباتات الفحمية ونمت عريانات البذور نمواً كبيراً . ثم ظهرت مستورات البذور ذات الفلقة الواحدة (كالنخيل) وذات الفلقتين (البلوط ، والزان ، والتين) .



شكل (٩٩)

أ — نوروبتريس ب — ييكوبتريس



شكل (٩٨)

انطباع نبات سراحس على صخر

وفي القسم الثاني من العصر الثاني تطلبت مستورات البذور وعرفت منها مجموعات البلاد الحارة كالنخيل والفار ومعظم النباتات الحالية (الدلب ، الزان ، الفار الخ) .

الحقب الثالث : ان نباتات هذا الحقب مماثلة للنباتات الحالية بيد ان توزيعها يختلف عن توزيع النباتات الحالية ، في اوائل الحقب الثالث كان لاوريا اقليم افريقي وكانت الحرارة الوسطى فيها ٢٥° وكان النخيل يبلغ البلاد الانكليزية . وفي أواسط الحقب الثالث برد الاقليم وهبطت الحرارة الوسطى الى ١٩° واختلطت نباتات البلاد المعتدلة بأنواع نباتات البلاد الحارة . وفي أواخر العصر الثالث اختفت نباتات البلاد الحارة من المناطق الاورمية .

الحقب الرابع : نباتاته هي النباتات الحالية .

الخلاصة : يقول (كه من) ان علم المستحاثات يعطي ادلة قوية لاثبات نظرية التطور .

آلية التطور

ثبتت الامثلة التي ذكرناها تبدل الاجناس ، يعلل هذا التبدل اليوم بثلاث نظريات :
اللاماركية والداورينية والتبدلية .

اولاً — اللاماركية او نظرية ائتلاف الوسط : كان يقول بوفون وهو من علماء التاريخ الطبيعي في القرن السابع عشر بنظرية ثبات الجنس ثم اخذ تدريجياً بمبدأ التبدل الذي يطرأ على الاجناس بحسب الوسط الذي تعيش فيه . ثم تلاه العالم لامارك فوضع لأول مرة التبدل التدريجي البطيء الذي يطرأ على الاجناس بتأثير الوسط الخارجي ، وقد هاجم في كتابه المعروف بفلسفة الحيوان الذي كتبه في عام ١٨٠٩ نظريات العالم كوفييه ووضع نص القانونين التاليين :

١ — قانون التلاؤم او الائتلاف : وفيه يقول لامارك : في كل حيوان لما يكتمل نموه بعد ، يفضي استعمال عضو من الاعضاء اكثر من غيره استعمالاً مستمراً الى نمو العضو وتقويته بينما يضمحل العضو القليل الاستعمال ويضعف حتى يزول في النهاية ، وهكذا تنمو الاعضاء او تضمر بحسب الوسط الذي يعيش فيه الحيوان وبحسب طراز هذه المعيشة ، فينشط العضو العامل ويتكامل ويضمحل العضو الذي لم تعد حاجة لاستعماله وهذا ما يدعى التلاؤم أو الائتلاف .

٢ — قانون توارث الصفات المكتسبة : ان التبدلات الحادثة في الاجناس بنتيجة القانون السابق تنتقل بالارث الى الانسال وتتكامل فيهم . وعكذا يعتبر لامارك ان ظهور الاجناس الجديدة معلق بالبيئة والوراثة التي تنتقل الى الانسال التبدلات التي احدثتها البيئة في الارومة الاصلية (المثال تبدل قوائم الحصان في الحيوانات وتبدل شكل الاوراق في سهم الماء) . بيد انه إذا كان تأثير الوسط أو البيئة في الكائن الحي امراً لا شك فيه فان اثبات

انتقال الصفات المكتسبة بالارث الى الاسال امرأ لم يستطع يانه تجربيا بصورة حاسمة حتى الآن إلا في بعض الحالات القليلة . ويمرّ هذا العجز الى قصر مدة التجارب بالنسبة الى طول الاحقاب الجيولوجية التي حدثت في خلالها تبدلات الاجناس .

ثانياً - نظرية الانتقال الطبيعي : وهي نظرية وضعها العالم الانكليزي داروين الذي نشر كتاباً سماه منشأ الاجناس استند فيه في تقليل واختلاف الانواع والاجناس على النتائج التي حصل عليها بعض مرربي الحيوانات الانكليزية من التخليط بين الاجناس المختارة من الحيوانات . فقد اختار هؤلاء حيوانات ذات صفة معينة وجعلوها تتلاقح . فحصلوا بعد عدة انسال على حيوانات تحتوي اكثر فاكثر على الصفة الميمنة بصورة بارزة . وقد سميت هذه الطريقة طريقة الانتقاء الاصطناعي .

وقد اعتقد داروين أن الطبيعة تقوم بعمل هذا الانتقاء من تلافح اجناس برية فتتسأ بذلك اجناس جديدة . ويمرّو السبب في حدوث الانتقاء الى تنازع البقاء وبقاء الاصالح . فعلى رأيه تناضل الحيوانات ، وهي كثيرة على سطح الارض ، من أجل بقائها ، فهي تفتش عن الغذاء والسكن وتدافع عن نفسها ضد اعدائها وضد تبدلات البيئة من برد وحر ورطوبة وجفاف والخب . فاذا طرأت تبدلات عارضة على بعض الافراد الحيوانية منها فجعلتها أرقى وأقوى من غيرها فأن هذه الافراد تقوى وتتغلب على الحيوانات التي بقيت ضعيفة وهكذا يعيش الاقوى والاقدر ويزول الاضعف الذي لم يتمكن من التطور وهذا مايسمى الانتقاء الطبيعي . وان الصفات المفيدة تنتقل من نسل الى آخر بالوراثة حتى تصبح صفاتاً متغلبة بها النوع الذي يعتبر حينئذ نوعاً جديداً اقدر على العيش .

ان هذه النظرية لا يمكن ان تملل اختفاء بعض الصفات التي لاشأن لها بالنضال وظهور بدل منها ، كما أن تبدل الصفات تدريجي وبطء جداً فلا تكفي الصفة حين ظهورها في نوع لاعطاء هذا النوع قدرة تمكنه من التغلب على الانواع الاخرى لذلك فان داروين نفسه أقر في اخريات ايامه بتأثير البيئة في تبدل الصفات . فاذا كان الانتقاء الطبيعي يقوي الصفة المفيدة ويذهب بالصفة غير نافعة فانه يقوم بحمل الافراد اكثر تلاؤماً مع محيطهم .

ثالثاً - النظرية التبديلية او نظرية التحولات المفاجأة : لوحظت الى جانب التبدلات

التدريبية التي تحدث بتأثير البيئة والوسط وبالانتقاء الطبيعي ، تبدلات مفاجأة متقطعة تحدث دفعة واحدة وتصبح مباشرة وراثية وقد سميت هذه التحولات التبدلات المفاجأة وقد درس هذه التبدلات لأول مرة العالم الهولندي هو غودفري الذي لاحظ أثناء زرعه ألوفاً متعددة من نبات خاص أن عدداً محدوداً جداً من هذه الافراد كان يتصف بصفات تختلف عن صفات الافراد الاخرى وتجعله جنساً مستقلاً ، وقد انتقلت هذه الصفات التي ظهرت فجأة بالارث من نسل الى آخر . (وليلاحظ بالطبع ان منشأ النباتات المزوعة كلها كان واحداً) فوجد دوفري نفسه هكذا امام جنس جديد ظهر فجأة بدون تدريج .

وقد درست هذه التبدلات المفاجأة في الحيوانات ايضاً خاصة في الذبابة المعروفة باسم ذبابة الفواكه (الدروزوفيل) فلاحظ ظهور ذبابة الفواكه (الدروزوفيل) ذبابة من جنس جديد في كل عشرة آلاف ذبابة تولدها .

وقد عزيت هذه التبدلات الى حادثات تحدث في داخل البيضة نفسها ولا شأن للبيئة في احداثها وان كانت هذه تساعد على الاكثار من نسبة حدوث هذه التبدلات احياناً .
ومها يكن من أمر فان حدوث هذه التبدلات المفاجأة أمر له شأنه الكبير في تحليل ظهور الاجناس الجديدة .

الخلاصة : يستنتج مما سبق ان مسألة التطور مسألة معقدة تشترك في تحليلها النظريات الثلاث السابقة الذكر على قدم المساواة .



فهرس

صفحة

٣	الوحدة الاولى : العصر الذري
٦	الفصل الاول : بنية الذرة
٢٠	الفصل الثاني : النشاط الاشعاعي
٢٦	الفصل الثالث : تحول المادة
٤٣	الفصل الرابع : استخدام الطاقة الذرية في الاغراض السلمية
٥٧	الوحدة الثانية : الكيمياء العضوية
٥٩	الفصل الاول : الصفات العامة للمركبات العضوية
٧٢	الفصل الثاني : الوظائف الكيميائية العضوية
٩٣	الفصل الثالث : الاسترة والاماهة والتصبين
٩٨	الفصل الرابع : النشاء والسللوز
١٠٨	الفصل الخامس : البنزين
١١٥	الفصل السادس : الفينول
١٢٢	الفصل السابع : الأنيلين
١٣١	الوحدة الثالثة : العلوم الطبيعية
١٣٢	الاغذية والحماثر
١٣٦	المضم في الانسان
١٤٧	امتصاص الاغذية

١٥٢	الدورات — الدم
١٦٠	تخثر الدم
١٦٤	الدارة الدموية
١٦٦	النبات والتغذي
١٦٩	امتصاص الاغذية ودورها
١٧٢	التشح والانقباض
١٧٥	تغذي النباتات المجردة من اليخضور
١٧٥	الصباغات النباتية
١٧٧	التركيب الضوئي
١٩٠	التغذية الآزوتية
١٩٣	التنفس والاختار في النباتات
٢٠١	التنفس في الانسان
٢٠٨	اختلالات التنفس
٢١٢	الحرارة الحيوانية
٢١٦	ابراز الفضلات
٢٢٥	الحركة واجهزتها وانواعها
٢٢٥	المفاصل
٢٢٧	الجهاز العضلي
٢٣٢	الجهاز العصبي
٢٥٢	الجلد وحاسة اللمس
٢٥٨	العين والرؤية
٢٧٠	التكاثر في الكائنات الحية

٢٧٩	الفرد الصم والحيات
٢٩١	الوراثة
٢٩٢	التفولة
٢٩٨	النظرية الصبغية في الوراثة
٢٩٨	الاحقاب الجيولوجية
٢٩٩	الحقب الابتدائي ومستحاثاته
٢٩٩	الحقب الاول ومستحاثاته
٣٠١	الحقب الثاني ومستحاثاته
٣٠٣	الحقب الثالث ومستحاثاته
٣٠٤	الحقب الرابع ومستحاثاته
٣٠٨	تطور المحلوقات الحية
٣١٤	آلية التطور



هدفنا في التربية والتعليم

- بناء جيل عربي واع مستنير ...
- يؤمن بالله وبالوطن العربي ،
- ويثق بنفسه وأمته ،
- ويستمسك بمبادئ الحق والخير ،
- يستهدف المثل العليا في السلوك الفردي والاجتماعي ،
- ويملك إرادة النضال المشترك وأسباب القوة والعمل الإيجابي مسلحاً بالعلم والخلق ،

لنستطاع مكنة الأمة العربية المحمّدية
وتأمين حقها في الحرية والأمن والحياة البرية